



DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA ANÁLISE E PRIORIZAÇÃO DE INTERVENÇÕES DE REDUÇÃO DE AFLUÊNCIAS INDEVIDAS EM REDES DE SANEAMENTO

RICARDO FILIPE DA SILVA PEREIRA RAMOS

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Presidente do Júri: Cidália Botelho

(Professor Auxiliar do Departamento de Química da Faculdade de Engenharia da
Universidade do Porto)

Orientador académico: Cristina Santos

(Professor Auxiliar Convidado do Departamento de Engenharia Civil da
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Orientador na empresa: Engenheiro Daniel Duarte

(Consultor Sénior da empresa DouroECI)

JUNHO DE 2018

AGRADECIMENTOS

Para que a realização desta dissertação fosse possível não poderia deixar de uma palavra de apreço e agradecer a todos, que de alguma forma, me deram força e apoio:

À minha família, em especial aos meus pais, pelo apoio em todas as decisões e etapas da minha vida.

À Sara, minha namorada e melhor amiga, por todo o amor, paciência e compreensão.

Aos meus amigos, por todos os momentos de descontração e companheirismo. Uma palavra especial aos meus amigos Álvaro, Catarina, Cátia, Gonçalo, Kristian e Miguel que me acompanharam e ajudaram desde os primeiros dias na faculdade.

À minha orientadora, Prof. Cristina Santos, por toda disponibilidade, pelo incentivo, pela sabedoria e conselhos no desenvolvimento da investigação e pelo exemplo de excelente profissional que é.

A toda a equipa DouroECI, pela maneira como sempre me trataram, pela oportunidade de crescer e formar amizades, em especial ao Eng.º Daniel Duarte pelo tempo dispensado e por todos os conselhos no desenvolvimento deste projeto.

RESUMO

As afluentes indevidas são uma problemática cada vez mais valorizada no âmbito da sustentabilidade técnica, financeira e ambiental das entidades gestoras responsáveis pelos sistemas de drenagem. A propagação destes caudais excedentários nas redes provoca impactos negativos na eficiência e reduz o desempenho dos sistemas de águas residuais e pluviais. Nas Estações de Tratamento de Águas Residuais surge o aumento dos custos de operação e manutenção e a degradação das infraestruturas, podendo levar a inundações e descargas de água residual sem o devido tratamento para o meio recetor.

A presente dissertação tem como objetivo o desenvolvimento de uma metodologia que permita analisar os registos de caudal e de precipitação, as características da rede e das respetivas bacias hidrográficas. Complementando estas informações, foi possível desenvolver um sistema de identificação das zonas prioritárias de intervenção de afluentes indevidas numa rede de drenagem, devidamente fundamentado.

Numa primeira fase, procedeu-se à consolidação de conceitos referentes às afluentes indevidas, aos fatores que influenciam o seu aparecimento e aos seus impactos nas entidades gestoras dos sistemas de saneamento. Foram estudados os vários métodos de quantificação presentes na literatura e definiram-se aqueles que melhor se integraram neste estudo. Posteriormente constatou-se que, a aplicação destes métodos juntamente com a avaliação do desempenho da rede e análise das características da bacia, constituía um forte alicerce para a construção do instrumento de suporte à decisão.

Deste modo, desenvolveu-se uma ferramenta interativa, que tem em vista contribuir com a proposta de um sistema inovador e automatizado, no qual se encontram já integrados os métodos de quantificação, avaliação de desempenho e análise das características da bacia. Esta ferramenta pode ser aplicada quer à escala da bacia quer à escala do elemento, consoante a informação de base disponível das entidades gestoras dos sistemas de saneamento.

De modo a validar este projeto, recorreu-se ao estudo e aplicação dos dados fornecidos pelas empresas Águas do Centro Litoral, S.A e Águas de Valongo, S.A.

A ferramenta atingiu os objetivos propostos, caracterizada pela sua simplicidade de processos de manuseamento, permitindo diagnosticar, para cada caso de estudo, as zonas ou troços das redes de saneamento que necessitam de uma intervenção prioritária.

PALAVRAS-CHAVE: afluentes indevidas, redes de saneamento, hidráulica, ferramenta de apoio à decisão.

ABSTRACT

Infiltration and inflow are a problematic increasingly valued in the financial and environmental sustainability of the management entities responsible for drainage systems. The spreading of these surplus flows into the networks causes negative impacts on efficiency and reduces the performance of wastewater and rainwater systems. At the Wastewater Treatment Plants there is an increase in operation and maintenance costs and a degradation of the infrastructures, which can lead to flooding and wastewater discharges without due treatment for the receiving environment.

The objective of this dissertation is to develop a methodology to analyse flow and precipitation records, characteristics of the network and respective river basins. Complementing this information, it was possible to develop a system that identified priority areas for intervention of infiltration and inflow in a drainage network, duly grounded.

In the first phase, the investigation proceeded to the consolidation of concepts related to infiltration and inflow, to factors influencing their appearance and to their impacts on sanitation management entities. The various methods of quantification presented in the literature were studied and the ones that were better integrated in this study were selected. Later, it was verified that the results of these methods could be framed by the evaluation of the network performance and the analysis of the characteristics of the basin. Thus, was established a groundwork for the construction of the analysis and decision support instrument.

An interactive tool was developed to contribute to the proposal of an innovative and automated system in which the methods of quantification, performance evaluation and analysis of the basin's characteristics are already integrated. This tool can be applied either at the basin's scale or at the element's scale, depending on the information available from the sanitation management entities.

In order to validate this project, the data provided by the companies Águas do Centro Litoral, S.A was studied and applied.

The tool has reached the goals proposed, characterized by its simplicity of handling processes, allowing the diagnosis of sanitation networks areas or sections, that need a priority intervention, for each case study.

KEYWORDS: infiltration and inflow, sanitation networks, hydraulic, decision support tool.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	III
RESUMO	V
ABSTRACT	VII
ÍNDICE GERAL	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABELAS.....	XVII
SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS	XIX
1 Introdução.....	1
1.1 ENQUADRAMENTO	1
1.2 ÂMBITO E OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO	2
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	2
2 Afluências indevidas em redes de drenagem de águas residuais	3
2.1 REDES DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS: PANORAMA NACIONAL	3
2.1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	3
2.1.2 REDES DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS	3
2.1.2.1 Conceito.....	3
2.1.2.2 Componentes, elementos acessórios e instalações complementares	6
2.1.3 A DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS EM PORTUGAL	8
2.1.3.1 Breve Enquadramento Histórico	8
2.1.3.2 Caracterização da Situação Atual	9
2.1.3.3 Entidades Gestoras (EG).....	10
2.1.3.4 Cobertura do serviço de abastecimento e saneamento.....	12
2.1.3.5 Planos Estratégicos de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais.....	14
2.1.4 LEGISLAÇÃO E NORMALIZAÇÃO TÉCNICA RELEVANTES	17
2.2 AFLUÊNCIAS INDEVIDAS	18
2.2.1 CONCEITO	19
2.2.2 INFILTRAÇÕES DIRETAS	21
2.2.3 INFILTRAÇÕES INDIRETAS	22
2.3 FATORES QUE INFLUENCIAM O APARECIMENTO DE AFLUÊNCIAS INDEVIDAS.....	23

2.4 IMPACTO DAS AFLUÊNCIAS INDEVIDAS NAS REDES, NAS ETAR E NOS RECURSOS HÍDRICOS. 25

3 Medidas de controlo e minimização de afluentes indevidas.....29

3.1 IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE AFLUÊNCIAS INDEVIDAS 29

3.1.1 MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO DAS AFLUÊNCIAS INDEVIDAS EM FASE DE PROJETO30

3.1.2 MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO DAS AFLUÊNCIAS INDEVIDAS EM FASE DE EXPLORAÇÃO33

3.1.2.1 Caudal em tempo seco.....34

3.1.2.2 Método do triângulo.....35

3.1.2.3 Método do Mínimo móvel36

3.1.2.4 Método do Caudal Mínimo.....38

3.1.2.5 Métodos desenvolvidos no Projeto APUSS.....39

3.1.2.6 Recomendação nº 04/2007 do IRAR40

3.1.3 AVALIAÇÃO E COMPARAÇÃO41

3.1.4 MÉTODOS DE DETECÇÃO E LOCALIZAÇÃO DE AFLUÊNCIAS INDEVIDAS42

3.1.4.1 Teste com traçador.....43

3.1.4.2 Teste de fumo43

3.1.4.3 Inspeção de vídeo CCTV.....44

3.1.4.4 Limpeza por jato.....45

3.1.4.5 Ensaios de estanqueidade.....46

3.2 ZONAS DE MEDIÇÃO E CONTROLO 46

3.3 INDICADORES DE DESEMPENHO..... 52

3.3.1 INFILTRAÇÃO54

3.3.2 LIGAÇÕES INDEVIDAS À REDE DOMÉSTICA57

3.3.3 EXEMPLO DE APLICAÇÃO58

3.4 PROGRAMAS DESENVOLVIDOS 59

3.4.1 IAFLUI.....59

3.4.2 STORM WATER MANAGEMENT MODEL (SWMM).....62

3.5 CUSTOS DE INTERVENÇÃO E CONTROLO 63

3.5.1 CUSTOS OPERACIONAIS.....64

3.5.2 CUSTOS DE MANUTENÇÃO.....65

3.5.3 CUSTOS DE INVESTIMENTO65

4 Casos de Estudo.....67

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS	67
4.1.1 DOUROECI	67
4.1.2 ÁGUAS DO CENTRO LITORAL, S.A	68
4.1.3 ÁGUAS DE VALONGO, S.A	69
4.2 DESCRIÇÃO DOS ELEMENTOS FORNECIDOS	71
4.2.1 ELEMENTOS FORNECIDOS PELAS ÁGUAS DO CENTRO LITORAL, S.A	71
4.2.2 ELEMENTOS FORNECIDOS PELAS ÁGUAS DE VALONGO, S.A	75
4.3 ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO DAS MEDIDAS IMPLEMENTADAS.....	82
4.3.1 ÁGUAS DO CENTRO LITORAL, S.A	82
4.3.2 ÁGUAS DE VALONGO, S.A	83

5 Metodologia de análise e priorização de intervenções ...87

5.1 FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO	87
5.1.1 INTRODUÇÃO DE DADOS	88
5.1.2 BASE DE DADOS	91
5.1.2.1 Métodos de Quantificação	91
5.1.2.2 Indicadores de Desempenho	92
5.1.2.3 Coeficiente de rugosidade (Ks) e Coeficiente de escoamento (C)	94
5.1.3 RESULTADOS	96
5.1.3.1 Análise Anual	97
5.1.3.2 Indicadores de Desempenho	97
5.1.3.3 Análise Diária	98
5.1.3.4 Análise das Características da Bacia	99
5.2 APLICAÇÃO AOS CASOS DE ESTUDO	100
5.2.1 ÁGUAS DE VALONGO, S.A	100
5.2.2 ÁGUAS DO CENTRO LITORAL, S.A	106

6 Conclusões e propostas de desenvolvimento futuro ...113

Referências Bibliográficas117

ANEXOSi

ANEXO A – DADOS FORNECIDOS PELAS ÁGUAS DE VALONGO, S.A..... II

ANEXO B – DADOS FORNECIDOS PELAS ÁGUAS DO CENTRO LITORAL, S.A..... XII

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UM SISTEMA DO TIPO UNITÁRIO.[4].....	4
FIGURA 2.2 REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UM SISTEMA DO TIPO SEPARATIVO.[4]	4
FIGURA 2.3 CÂMARA DE VISITA.	6
FIGURA 2.4 SARJETA.	7
FIGURA 2.5 DESCARREGADOR DE TEMPESTADE.	7
FIGURA 2.6 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA.	7
FIGURA 2.7 BACIA DE RETENÇÃO.	8
FIGURA 2.8 MODELOS DE GESTÃO DOS SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS [14]	11
FIGURA 2.9 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS ENTIDADES GESTORAS DO SERVIÇO DE SANEAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS EM BAIXA, POR SUBMODELO DE GESTÃO, A 31 DE DEZEMBRO DE 2016 [14]	12
FIGURA 2.10 PLANOS DESENVOLVIDOS NO ÂMBITO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE SANEAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS.	14
FIGURA 2.11 ESTIMATIVA POR TIPO DE SISTEMA.	17
FIGURA 2.12 INVESTIMENTOS ESTIMADOS PARA OS SISTEMAS MUNICIPAIS. [18]	17
FIGURA 2.13 EVOLUÇÃO DA DESINTEGRAÇÃO ESTRUTURAL DE UM COLETOR POR AÇÃO DE AFLUÊNCIA INDEVIDA. [19]	20
FIGURA 2.14 EXEMPLOS DE LIGAÇÕES INDEVIDAS.	21
FIGURA 2.15 EXEMPLO DE INFILTRAÇÃO INDIRETA. [19]	23
 FIGURA 3.1 VARIAÇÃO HORÁRIA DO CAUDAL AFLUENTE ÀS ETAR. [2]	30
FIGURA 3.2 REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DOS COMPONENTES DO CAUDAL TOTAL DE ÁGUA RESIDUAL.[19]	34
FIGURA 3.3 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO MÉTODO DO TRIÂNGULO. [32]	36
FIGURA 3.4 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO MÉTODO DO MÍNIMO MÓVEL [20]	38
FIGURA 3.5 TESTE COM TRAÇADOR.	43
FIGURA 3.6 TESTE DE FUMO.	44
FIGURA 3.7 INSPEÇÃO DE VÍDEO CCTV.	44
FIGURA 3.8 LIMPEZA POR JATO.	45
FIGURA 3.9 ENSAIO DE ESTANQUEIDADE	46
FIGURA 3.10 LOCALIZAÇÃO TÍPICA DE MEDIDORES DE CAUDAL EM SISTEMAS DE SANEAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS. [40]	48
FIGURA 3.11 EXEMPLO DE LOCALIZAÇÃO DE MEDIDORES DE CAUDAL PARA DIFERENTES NÍVEIS DE DENSIDADE DE PONTOS DE MEDIÇÃO [22]	49
FIGURA 3.12 EXEMPLOS DE INSTALAÇÕES DE MEDIÇÃO DE CAUDAL. [22]	50

FIGURA 3.13 UDÓMETRO DE RECETÁCULOS BASCULANTES. [42]	51
FIGURA 3.14 ESTRUTURA DA IC E DOS IDS PARA ÁGUAS RESIDUAIS. [41]	53
FIGURA 3.15 – IDENTIFICAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO REGIONAL DAS EG PARTICIPANTES NA INICIATIVA IAFLUI.	60
FIGURA 3.16 ESTRUTURAÇÃO DO PROJETO IAFLUI, POR FASES. [45]	61
FIGURA 3.17 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA OTIMIZAÇÃO DO CUSTO ASSOCIADO À REDUÇÃO DA INFILTRAÇÃO NUMA REDE DE DRENAGEM. [30]	64
FIGURA 4.1 MUNICÍPIOS SERVIDOS PELO SISTEMA DE SANEAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DA AdCL. [47].....	69
FIGURA 4.2 ELEMENTOS DOS SUBSISTEMAS DE SANEAMENTO DO CONCELHO DE VALONGO.[49].....	70
FIGURA 4.3 MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DAS EE EM ESTUDO, FORNECIDO PELA AdCL.	72
FIGURA 4.4 BACIAS SERVIDAS PELAS ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS EM ESTUDO.	73
FIGURA 4.5 CARACTERÍSTICAS DA REDE PRESENTES NO FICHEIRO SIG FORNECIDO.	74
FIGURA 4.6 OCUPAÇÃO DO SOLO NAS ZONAS ONDE SE SITUA OS COLETORES DA AdCL.	75
FIGURA 4.7 FICHEIRO SIG REPRESENTATIVO DA REDE DE COLETORES QUE DRENA PARA A ETAR ERMESINDE ALFENA.	76
FIGURA 4.8 IDENTIFICAÇÃO DAS BACIAS QUE DRENAM PARA A ETAR ERMESINDE ALFENA.	77
FIGURA 4.9 PDM DO CONCELHO DE VALONGO.....	80
FIGURA 4.10 TIPO DE OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA A14.....	80
FIGURA 4.11 RIOS E LINHAS DE ÁGUA AFLUENTES AO CONCELHO DE VALONGO.	81
FIGURA 4.12 MAPA RODOVIÁRIO DAS BACIAS E14 E E42.....	82
FIGURA 5.1 REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO MODO DE FUNCIONAMENTO DA <i>FERRAMENTAAI</i>	88
FIGURA 5.2 FOLHA “INTRODUÇÃO DADOS” DA <i>FERRAMENTAAI</i>	89
FIGURA 5.3 EXCERTO DA FOLHA “CONVERSÃO” DA <i>FERRAMENTAAI</i>	90
FIGURA 5.4 INTRODUÇÃO DO MATERIAL DAS CONDUTAS NA FOLHA “INTRODUÇÃO DADOS”.	90
FIGURA 5.5 FOLHA “BASE DE DADOS” DA <i>FERRAMENTAAI</i>	91
FIGURA 5.6 FOLHA “RESULTADOS” DA <i>FERRAMENTAAI</i>	96
FIGURA 5.7 EXEMPLO DE GRÁFICO DA ANÁLISE ANUAL EFETUADA NA FOLHA “RESULTADOS”.	97
FIGURA 5.8 EXEMPLO DE GRÁFICO DE ANÁLISE DIÁRIA DA FOLHA “RESULTADOS”	99
FIGURA 5.9 FOLHA “INTRODUÇÃO DADOS” PARA A BACIA A14.....	101
FIGURA 5.10 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS RESULTADOS DA ANÁLISE DE CAUDAL E PRECIPITAÇÃO DA BACIA A14 NA FOLHA “RESULTADOS”.	102
FIGURA 5.11 INDICADORES DE DESEMPENHO APRESENTADOS NA FOLHA “RESULTADOS” ANÁLISE À BACIA A14.	103
FIGURA 5.13 REDE QUE AFLUI PARA A EEN12.	107

FIGURA 5.14 COLETORES EM SUPERFÍCIE LIVRE A MONTANTE DA EE11, EM CIMA, E OS SITUAM A MONTANTE DA EE12, EM BAIXO.	108
FIGURA 5.15 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS RESULTADOS DA ANÁLISE DE CAUDAL E PRECIPITAÇÃO PARA OS COLETORES EM SUPERFÍCIE LIVRE ENTRE EE10 E EE11.	108
FIGURA 5.16 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS RESULTADOS DA ANÁLISE DE CAUDAL E PRECIPITAÇÃO PARA OS COLETORES EM SUPERFÍCIE LIVRE NO TROÇO ANTES DA EEN12.....	109

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 2. 1 VANTAGENS E LIMITAÇÕES DE DIFERENTES TIPOS DE SISTEMAS [6].....	5
TABELA 2.2 ACESSIBILIDADE FÍSICA E NÍVEL DE ADESÃO DO SERVIÇO DE ABASTECIMENTO NO QUE RESPEITA À POSSIBILIDADE DE LIGAÇÃO DESTE ÀS INFRAESTRUTURAS FÍSICAS DA ENTIDADE GESTORA [14].....	13
TABELA 2.3 ACESSIBILIDADE FÍSICA E NÍVEL DE ADESÃO DO SERVIÇO DE SANEAMENTO NO QUE RESPEITA À POSSIBILIDADE DE LIGAÇÃO DESTE ÀS INFRAESTRUTURAS FÍSICAS DA ENTIDADE GESTORA [14].....	14
TABELA 2.4 ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE INVESTIMENTO NECESSÁRIOS PARA ASSEGURAR OS OBJETIVOS OPERACIONAIS [16]	16
TABELA 2.5 TIPOS DE AFLUÊNCIAS INDEVIDAS [2].....	19
 TABELA 3. 1 VANTAGENS E LIMITAÇÕES DE DIFERENTES TIPOS DE SISTEMAS [21].....	32
TABELA 3.2 ALGUMAS DAS METODOLOGIAS PUBLICADAS REFERENTE À QUANTIFICAÇÃO DE AFLUÊNCIAS INDEVIDAS [19].....	33
TABELA 3.3 COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS QUANTITATIVOS DE MEDIÇÃO.[19]	42
TABELA 3.4 PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO RECOMENDADOS PARA DETECÇÃO DE LIGAÇÕES INDEVIDAS A COLETORES. [22]	45
TABELA 3.5 INDICADORES DE DESEMPENHO RELATIVOS A AFLUÊNCIAS INDEVIDAS APLICÁVEIS A SISTEMAS SEPARATIVOS DOMÉSTICOS, CALCULADOS COM BASE NO CAUDAL MÍNIMO DIÁRIO EM TEMPO SECO [44].....	59
 TABELA 4.1 CONCEITOS APLICADOS À GESTÃO DO CICLO DA ÁGUA	67
TABELA 4.2 CARACTERÍSTICAS DAS ETAR DO CONCELHO DE VALONGO [49]	70
TABELA 4.3 POPULAÇÃO RESIDENTE NAS FREGUESIAS ABRANGIDAS PELAS EE EM ESTUDO.....	74
TABELA 4.4 VALORES DE K _s PARA A FÓRMULA DE MANNING-STRICKLER [50].....	78
TABELA 4.5 VOLUME DE ÁGUA ABASTECIDA A CADA BACIA.....	79
TABELA 4.6 VOLUMES DE ÁGUA RESIDUAL FATURADA E TRATADA PELAS ÁGUAS DO CENTRO LITORAL, EM 2017	82
TABELA 4.7 VOLUMES DE ÁGUA RESIDUAL FATURADA E TRATADA PELAS ETAR DO CONCELHO DE VALONGO, EM 2015	83
TABELA 4.8 VOLUMES DE ÁGUA RESIDUAL FATURADA E TRATADA PELAS ETAR DO CONCELHO DE VALONGO, EM 2016	83
TABELA 4.9 VARIAÇÃO PERCENTUAL DOS VOLUMES DE ÁGUA RESIDUAL FATURADA E TRATADA PELAS ETAR, ENTRE 2015 E 2016	84
TABELA 4.10 CUSTO ANUAL DO TRATAMENTO DE AFLUÊNCIAS INDEVIDAS NAS ETAR DO CONCELHO DE VALONGO, EM 2015 E 2016	84
 TABELA 5.1 VALORES MÉDIOS DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO [50]	95
TABELA 5.2 PRIORIDADE DE INTERVENÇÃO, CONSOANTE OS VALORES DOS INDICADORES.....	98

TABELA 5.3 EXEMPLO DA TABELA DE INDICADORES DE DESEMPENHO DIÁRIOS.....	99
TABELA 5.4 PRIORIDADE DE INTERVENÇÃO, CONSOANTE CARACTERÍSTICAS DA BACIA.....	100
TABELA 5.5 INDICADORES DE DESEMPENHO DAS BACIAS QUE DRENAM PARA A ETAR ERMESINDE E ALFENA.	104
TABELA 5.6 ANÁLISE DE CARACTERÍSTICAS DA BACIA A23	106
TABELA 5.7 INDICADORES DE DESEMPENHO DOS COLETORES DE ESCOAMENTO DE SUPERFÍCIE LIVRE DA REDE DA AdCL.....	110
TABELA 5.8 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DAS BACIAS REFERENTES AOS TROÇOS EEN10-EEN11 E EEN12	111
TABELA A.2 REGISTOS DE CAUDAL E PRECIPITAÇÃO FORNECIDOS PELAS ÁGUAS DE VALONGO, S.A. (2015) ..	II
TABELA A.3 REGISTOS DE CAUDAL E PRECIPITAÇÃO UTILIZADOS NA ANÁLISE DA BACIA A14.....	V
TABELA A.4 CARACTERÍSTICAS DA REDE E DA BACIA A14.	VIII
TABELA A.5 CARACTERÍSTICAS DA REDE E DA BACIA A19.	VIII
TABELA A.6 CARACTERÍSTICAS DA REDE E DA BACIA A17.	IX
TABELA A.7 CARACTERÍSTICAS DA REDE E DA BACIA A23.	IX
TABELA A.8 CARACTERÍSTICAS DA REDE E DA BACIA E7.	X
TABELA A.9 CARACTERÍSTICAS DA REDE E DA BACIA E14.	X
TABELA B.1 REGISTOS DE PRECIPITAÇÃO DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE OLIVEIRA DO BAIRRO, CONSULTADOS NO SNIRH (2017).....	XII
TABELA B.2 REGISTO DE CAUDAIS NO TROÇO A MONTANTE DE EE12.	XV
TABELA B.3 CARACTERÍSTICAS DA CONDUTA EM SUPERFÍCIE LIVRE A MONTANTE DE EE11	XVIII
TABELA B.4 CARACTERÍSTICAS DA CONDUTA EM SUPERFÍCIE LIVRE MONTANTE DE EE12	XVIII

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

ETAR – Estação de tratamento de águas residuais

PVC - Policloreto de Vinilo – PVC

PEAD - Polietileno de Alta Densidade

PPC - Polipropileno Corrugado

EE – Estações Elevatórias

INAG – Instituto Nacional da Água

IRAR - Instituto Regulador de Água e Resíduos

ERSAR - Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos

EG – Entidades Gestoras

PEASAAR - Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais

PENSAAR 2020 - Nova Estratégia para o Setor de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais 2020

EPA - *Environmental Protection Agency*

C - Capitação de abastecimento de água

fa - Fator de afluência residual

P - População

$Q_{AR,dom}$ - Caudal diário residual doméstico

$Q_{AR,proj}$ - Caudal diário residual do projeto

$Q_{AR,ind}$ - Caudal diário residual industrial

Q_{AI} - Caudal diário de afluências indevidas na rede residual

DWF - *Dry weather flow*

Q_{AR} - Caudal relativo às águas residuais

Q_{AI} - Caudal referente à componente de afluências indevidas

I_{IND} – Caudal infiltração indireta

$V_{Esc.dir}^j$ - Volume de escoamento direto afluente à rede residual no dia j

V_{ETAR}^j - Volume afluente à ETAR ou à secção de medição no dia j

V_{MM}^j - Volume correspondente ao mínimo móvel dos 21 dias prévios ao dia j

V_{inf}^j - Volume de infiltrações afluente à rede residual no dia j

$V_{res,dom}^j$ - Volume de águas residuais domésticas afluente à rede residual no dia j

$V_{res,ind}^j$ - Volume de águas residuais industriais afluente à rede residual no dia j

V_{AI}^j - Volume de afluências indevidas afluentes à rede residual no dia j

APUSS - Assessing Infiltration and Exfiltration on the Performance of Urban Sewer Systems

V_n^{jT} – Volume total medido no ponto de medição j (ETAR ou secção de entrega), no “dia de chuva” n

V_n^{jad} – Volume de águas residuais domésticas/industriais atribuído ao ponto de medição j, no “dia de chuva” n

V_n^{jap} – Volume estimado de águas pluviais, atribuído ao ponto de medição j, no “dia de chuva” n

CCTV - *Close Circuit Television*

DTS - *Distributed Temperature Sensor*

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

QGIS – *QuantumGIS*

IWA - *International Water Association*

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Q_{inf} – Caudal de infiltração

Q_{sc} – Caudal secção cheia

Q_{mts} - Caudal médio em tempo seco

C_{visita} - Número de câmaras de visita

$L_{colector}$ - Comprimento do coletor

iAFLUI - Iniciativa Nacional para o Controlo de Afluências Indevidas

SWMM - *Storm Water Management Model*

AV – Águas de Valongo, S.A

AdCL – Águas do Centro Litoral

AF – Água Faturada

AR – Água residual tratada

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

As afluentes indevidas nos sistemas de drenagem de águas residuais, como a própria terminologia indica, consiste em caudais de água provenientes de eventos pluviométricos, que afluem de forma indevida à rede de saneamento.

Ao longo das últimas décadas em Portugal, as entidades responsáveis pelas infraestruturas urbanas focaram-se, essencialmente, na expansão dos sistemas com vista a aumentar a cobertura e providenciar ao maior número de habitantes possível não só uma rede de saneamento como também de abastecimento de água. Posto isto, surge a problemática das afluentes indevidas nos sistemas de águas residuais em resultado da maturação das infraestruturas e natural deterioração que consequentemente tem conduzido a um aumento significativo dos volumes infiltrados, refletindo-se em impactos negativos no desempenho dos sistemas e nas entidades gestoras.

Para além dos impactos estruturais provocados pela ocorrência de afluentes indevidas, existem outros impactos subsequentes que surgem em consequência da desagregação das infraestruturas. De facto, há um acréscimo dos custos de operação e manutenção visto que o volume das afluentes não é faturado, mas são transportadas e tratadas pela ETAR. Do mesmo modo, ocorre o aumento dos caudais descarregados pelos descarregadores de tempestade, ou ligações *bypass*, para o meio recetor, fomentando a poluição nas regiões envolventes.

Estes caudais excedentários nas redes de saneamento nem sempre constituíram um problema. Na verdade, para lá dos vários aspetos negativos que acarretam, as afluentes indevidas apresentam aspetos positivos visto que propiciam a capacidade de autolimpeza das tubagens, evitando assim o processo de sedimentação e diminuição da septicidade, do odor ou da corrosão.

Atualmente, os municípios encontram-se, de um modo geral, providos de elevadas taxas de cobertura e acessibilidade física ao sistema de drenagem tanto residual como também de abastecimento de água. As entidades gestoras direcionam, agora, as suas atenções para a implementação de estratégias e metodologias de gestão dos sistemas de drenagem que visam a preservação e melhoria das condições das suas estruturas, sendo um dos principais objetivos a diminuição das afluentes indevidas.

Tendo em conta a atual relevância desta problemática, as afluentes indevidas encontram-se incluídas no dimensionamento de uma rede de drenagem, existindo inclusive regulamentação específica para a estimativa destes volumes, no caso de não existirem cadastros reais.

Do ponto de vista das entidades gestoras, tendo em conta a incapacidade de eliminar totalmente as afluentes indevidas e o custo de reabilitação ou substituição de condutas, a solução passa por uma avaliação das várias secções do sistema de saneamento, de modo a determinar-se as zonas onde é prioritária a intervenção.

1.2 Âmbito e Objetivos da Dissertação

A presente dissertação, realizada na empresa DouroECI, surgiu no seguimento do carácter inovador da empresa e da sua constante procura por simplificar a resposta às problemáticas relacionadas com o ciclo da água.

Apesar de já existirem soluções no mercado para monitorizar e reduzir afluentes indevidas, de uma forma geral, são ferramentas que não só exigem diversos tipos de informação que, muitas vezes, afigura-se difícil de encontrar, como também são necessários cursos de formação para aprender a operá-las. Perante este problema, a DouroECI lançou a ideia de criar uma ferramenta que seja intuitiva e de fácil utilização por parte dos futuros utilizadores e que consiga definir uma metodologia de análise e priorização de intervenções numa rede de drenagem, fornecendo um suporte à decisão das entidades gestoras.

O trabalho desenvolvido tem por base a construção de uma ferramenta que analise registos de caudal e de precipitação que, tendo em conta as características da rede e das respetivas bacias hidrográficas, consiga fundamentar a sua análise e desenvolver um sistema de identificação das zonas prioritárias de intervenção de uma rede de drenagem com afluentes indevidas.

1.3 Estrutura da Dissertação

O desenvolvimento da dissertação iniciou-se no Capítulo 2, com uma fase de pesquisa que visou conhecimento das redes de drenagem e das suas características. Nesse capítulo abordam-se os aspetos mais relevantes da história do saneamento em Portugal e caracteriza-se a situação atual dos sistemas de drenagem, descrevendo como é realizada atualmente a gestão e os objetivos do setor para os próximos anos. É também introduzido e aprofundado o conceito de afluentes indevidas, diferenciando os vários tipos e relatando as várias situações que podem levar ao seu aparecimento nos sistemas de drenagem. Ainda neste capítulo, é realizada uma análise dos impactos que podem surgir em consequência das afluentes indevidas nas entidades gestoras e na sociedade.

No Capítulo 3, enumeram-se os métodos de quantificação elaborados no âmbito das afluentes indevidas, em fase de projeto e em fase de exploração. Para além destes métodos, apresentam-se também os métodos de deteção e de localização. Do mesmo modo, surgiu a necessidade de desenvolver a temática relativa às zonas de medição e controlo, onde são medidos e registos os valores de caudal e precipitação, e descrever os indicadores de desempenho propostos para a avaliar as redes de drenagem. Por fim, analisam-se os custos de intervenção e controlo e nomearam-se alguns dos programas desenvolvidos neste sector.

No Capítulo 4 são apresentadas e caracterizadas a empresa DouroECI e as empresas que facultaram os dados para o desenvolvimento e validação da ferramenta de análise e suporte à decisão. Neste ponto também será realizada a descrição dos elementos fornecidos e do modo como foi realizado o tratamento destes dados.

No Capítulo 5, demonstra-se como foi criada e desenvolvida a metodologia de análise que serve como alicerce da ferramenta para apoio à decisão. Neste capítulo, é citada cada etapa desde a construção até à obtenção dos resultados. Finalmente, são exibidos e analisados os resultados da sua aplicação aos casos de estudo.

No Capítulo 6 são apresentadas as principais conclusões deste trabalho e as propostas de trabalhos a desenvolver neste âmbito, no futuro.

AFLUÊNCIAS INDEVIDAS EM REDES DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

2.1 Redes de drenagem de águas residuais: panorama nacional

2.1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As afluições indevidas em redes de saneamento é um tema complexo que por sua vez, exige o conhecimento prévio de vários conceitos. Ao longo deste capítulo, apresentam-se e definem-se esses mesmos conceitos. Para além disso, promove-se a contextualização histórica das redes de saneamento em Portugal até à situação atual. Seguidamente, procede-se à caracterização de afluições indevidas, enumerando e explicando os vários tipos. Por fim, aborda-se o seu impacto nas redes de drenagem, nas Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) e nos recursos hídricos.

2.1.2 REDES DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

2.1.2.1 Conceito

As redes de drenagem de águas residuais são estruturas constituídas por redes de coletores que captam e conduzem essencialmente águas residuais, cujo cariz pode ser de três diferentes origens: doméstico, industrial ou pluvial.

As águas residuais **domésticas** provêm de instalações sanitárias, cozinhas e zonas de lavagem de roupas e são caracterizadas por abarcarem quantidades apreciáveis de matéria orgânica, serem facilmente biodegradáveis e apresentarem relativa constância das suas características no tempo. As águas residuais **industriais** advêm da atividade industrial e caracterizam-se pela diversidade dos compostos físicos e químicos que contêm, tendo em conta os tipos de processo industrial aos quais estão sujeitas, e ainda por apresentarem, por norma, grande variabilidade das suas características no tempo. As águas **pluviais** resultam da precipitação atmosférica caída diretamente no local ou em bacias próximas e apresentam, de uma forma geral, uma menor quantidade de matéria poluente. [1][2]

Sabendo a natureza da qualidade das águas residuais que transportam, os sistemas de drenagem de águas residuais podem ser classificados, de acordo com o ponto 1 do artigo 116.º do Decreto Regulamentar 23/95 de 23 de agosto de 1995, como: unitários, separativos, mistos e separativos parciais. [3]

Os sistemas **unitários**, representados na Figura 2.1, são compostos por uma única rede de coletores, onde são recolhidas em conjunto as águas residuais domésticas, industriais e pluviais. Este tipo de sistema está sujeito a grandes variações do caudal em função da ocorrência de precipitações, o que torna complexo o dimensionamento hidráulico da própria rede e das estações de tratamento. As ETAR que servem os sistemas unitários são geralmente dimensionadas para receber caudais da ordem de 3 a 6 vezes o caudal médio diário em tempo seco. Os coletores devem ser construídos com materiais resistentes à corrosão e têm, por norma, diâmetros significativamente superiores aos das redes separativas. Apesar de serem aparentemente mais económicos, os sistemas unitários estão associados a baixas eficiências e problemas no funcionamento das redes. Por exemplo, em tempo seco, torna-se complicado manter condições hidráulicas de escoamento devido à sedimentação de sólidos em suspensão e aos riscos de formação de gás sulfídrico.

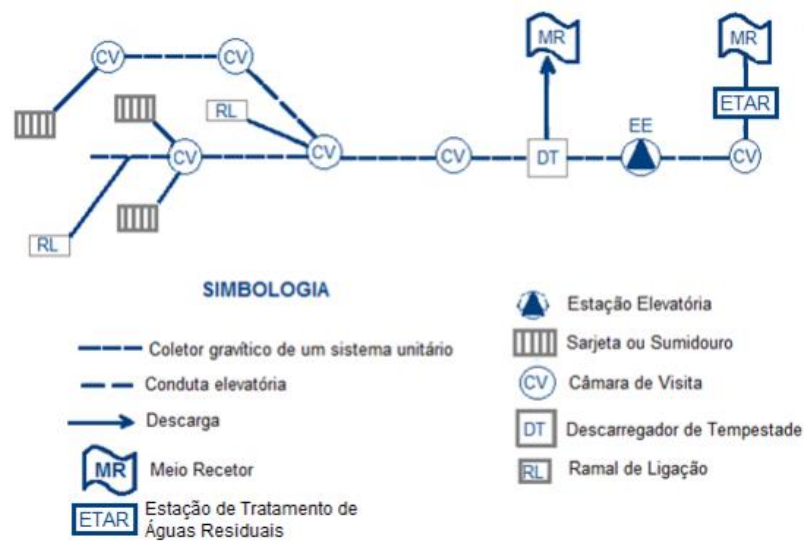


Figura 2.1 Representação esquemática de um sistema do tipo unitário.[4]

Os sistemas **separativos**, representados na Figura 2.2, são compostos por duas redes de coletores distintas, um destinado às águas residuais domésticas e outra à drenagem das águas pluviais. Neste caso, o destino dos coletores de cada tipo de rede pode ser diferente visto que as águas residuais domésticas são conduzidas para uma ETAR, onde após tratamento adequado são descarregadas no meio recetor e as águas pluviais são frequentemente descarregadas no meio recetor sem que sejam submetidas a qualquer tratamento. Relativamente ao dimensionamento adotado em cada rede, os sistemas separativos domésticos são dimensionados para transportar o caudal de ponta doméstico e os sistemas separativos pluviais são dimensionados para um dado período de retorno.

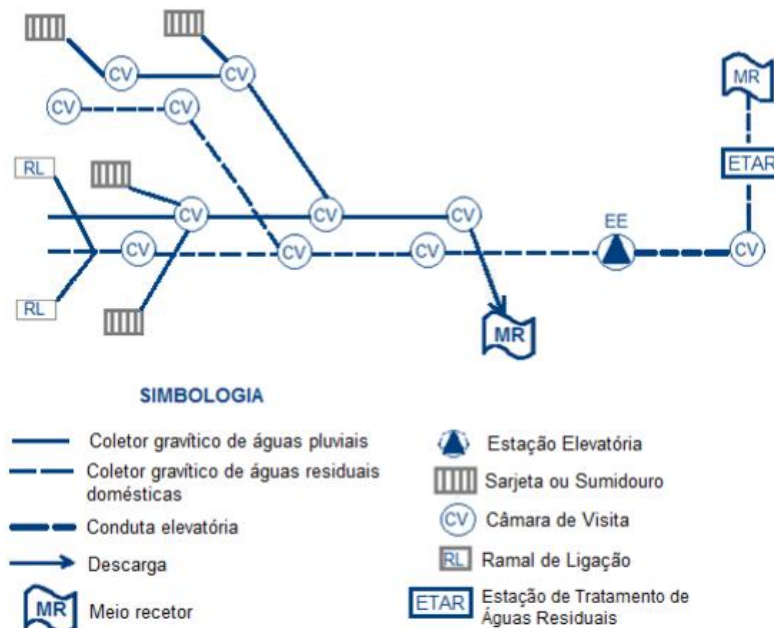


Figura 2.2 Representação esquemática de um sistema do tipo separativo.[4]

Os sistemas **mistos** consistem na combinação dos dois tipos anteriores, na qual parte da rede de coletores funciona como sistema unitário e a restante como sistema separativo.

Os sistemas **separativos parciais** ou **pseudo-separativos**, que são admitidos apenas em condições excepcionais, onde é executada, por exemplo, a ligação de águas pluviais aos coletores de águas residuais domésticas. [5]

Importa mencionar que, em Portugal, no passado mais recente e à semelhança de outros países, os sistemas têm vindo a ser tendencialmente concebidos como separativos. Contudo, devido à impossibilidade de controlar e extinguir todo o tipo de falhas e erros, acabam por ter tendência a operar como pseudo-separativos.

Existem, ainda, outros tipos de sistemas de drenagem, designados por **sistemas não convencionais**. Estes sistemas são utilizados, maioritariamente, em condições orográficas e topográficas desfavoráveis, por exemplo, em regiões planas, montanhosas, rochosas ou zonas com elevados níveis freáticos. Assim, apresentam-se como uma alternativa aos sistemas de drenagem convencionais, podendo, nalguns casos, constituir uma solução de menor custo. Ao invés de outros países, a sua aplicação permanece muito limitada em Portugal.

Um exemplo de um sistema não convencional são os sistemas de drenagem sob vácuo que consistem em sistemas mecanizados onde o escoamento das águas residuais se processa através de diferenciais de pressão, com emulsão de ar e água. Tendo em conta as características de algumas regiões, estes sistemas aparecem como as soluções técnico-economicamente mais sustentáveis comparativamente às soluções tradicionais. [5]

Seguidamente, na Tabela 2.1, apresenta-se, sucintamente, as vantagens e limitações dos dois principais tipos de sistemas de drenagem: unitários e separativos.[6]

Tabela 2. 1 Vantagens e limitações de diferentes tipos de sistemas [6]

Tipo de Sistema	Vantagens	Limitações
Sistemas Unitários	Economia de primeiro investimento resultante da construção de um único tipo de coletor que transporta a totalidade da água de meio urbano.	Em períodos de intensa precipitação: - Descarga de excedentes poluídos com consequentes impactos negativos no ambiente; - Aumento da exploração e do gasto de energia em instalações elevatórias e de tratamento, contribuindo para o acréscimo dos encargos financeiros e para a ineficiência dos sistemas
Sistemas Separativos	Transporte de efluentes de natureza distinta, por diferentes coletores, que proporciona condições diferentes de tratamento e melhoria da qualidade de efluente descarregado para meio recetor.	Custos elevados de primeiro investimento, associados à necessidade de dispor de dois tipos de tubagens ou coletores. Necessidade de construção e de gestão cuidadosa, em termos das ligações dos ramais prediais. Tendência a tornarem-se pseudo-separativos ao longo do tempo.

2.1.2.2 Componentes, elementos acessórios e instalações complementares

Qualquer que seja o tipo de sistema de águas residuais, separativos ou unitários, apresentam um conjunto de componentes principais que se podem ser divididos em 3 grupos: rede coletora, componentes acessórios e instalações complementares.

Rede Coletora - Os coletores são os elementos essenciais de um sistema de drenagem urbana e têm por função assegurar a condução de águas residuais domésticas, industriais ou pluviais ao seu respetivo destino final. Os coletores podem ser constituídos por diferentes materiais, sendo que as redes mais recentes têm sido constituídas por coletores de betão de secção circular. Todavia, existe a opção de tubos de plástico (Policloreto de Vinilo – PVC, Polietileno de Alta Densidade – PEAD ou Polipropileno Corrugado – PPC), que têm como vantagem a sua maior facilidade de instalação e elevada resistência. A ligação entre os coletores é executada através de juntas que devem ser colocadas de forma a certificar a estanquidade a líquidos e gases e a manter as tubagens devidamente centradas. [7]

Os componentes acessórios podem ser divididos em: câmaras de visita, ramais de ligação, câmaras de corrente de varrer, sarjetas, sumidouros e descarregadores.

Câmara ou caixa de visita - As câmaras de visita permitem o acesso ao sistema de drenagem para inspeção e/ou limpeza dos coletores visando remoção de obstruções e verificação das condições e características do escoamento. É neste órgão, exposto na Figura 2.3, que se promove a monitorização de caudais, níveis e de amostragem da qualidade da água. [8]

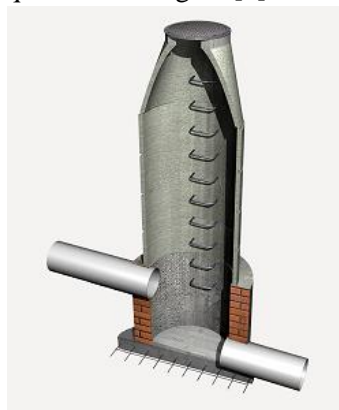


Figura 2.3 Câmara de visita.

Ramais de ligação - Os ramais de ligação é a estrutura que conduz as águas residuais prediais, desde as câmaras de ramal de ligação até à rede pública dos sistemas separativos domésticos ou unitários. Tendo em conta o tema desta dissertação, salienta-se que ocorrência de afluências indevidas nas redes ocorre, muitas vezes, por via destes ramais. [9]

Câmara de corrente de varrer - As câmaras de corrente de varrer são estruturas utilizadas com vista à limpeza dos coletores, quando não esta possa ser garantida nos troços de montante das redes unitárias ou separativas domésticas. Em função do tipo de câmara, podem operar manualmente ou automaticamente. [7]

Sarjetas e sumidouros - As sarjetas e os sumidouros são estruturas que têm como aplicação a recolha das águas pluviais, promovendo o seu acesso à rede de drenagem. As sarjetas são dispositivos com entrada lateral das águas de escorrência superficial, habitualmente instaladas nos passeios das vias públicas. Enquanto, os sumidouros são estruturas com entrada superior das águas de escorrência e implicam necessariamente a existência de uma grade que permita entrada da água sem prejudicar a circulação rodoviária. [8]



Figura 2.4 Sarjeta.

Descarregadores de tempestade - Os descarregadores de tempestade são, geralmente, utilizados em sistemas unitários ou em pseudo-separativos. O seu objetivo é desviar os caudais pluviais em excesso de modo a precaver a sobrecarga da rede e a entrada de caudais superiores ao admissível nas estações de tratamento ou nas instalações elevatórias. Por outro lado, no caso de estarem colocados em sistemas separativos a montante de estações de tratamento ou de estações elevatórias, a sua função é garantir que não afluem, a jusante, caudais superiores aos de dimensionamento daqueles órgãos do sistema. Figura 2.5.



Figura 2.5 Descarregador de tempestade.

As instalações complementares abrangem as estações elevatórias, bacias de retenção, sifões invertidos, desarenadores e câmaras de grades.[8]

Estações Elevatórias - As estações elevatórias têm como finalidade elevar as águas residuais. É, usualmente, utilizada quando é necessário ultrapassar uma obstrução ou como alternativa ao escoamento gravítico em condições de desníveis desfavoráveis. Tendo em conta as características da água residual a elevar e de modo a garantir a proteção do sistema, recomenda-se a utilização de dispositivos de tratamento preliminar como desarenadores ou grades. [9]



Figura 2.6 Estação Elevatória.

Bacias de retenção ou amortecimento - São dispositivos utilizados em sistemas unitários ou separativos pluviais e visam a regularização dos caudais pluviais afluentes, restituindo, a jusante, caudais

adequados à capacidade de transporte da rede de drenagem. Na Figura 2.7 é possível observar uma bacia de retenção. [8]



Figura 2.7 Bacia de retenção.

Sifões invertidos - O sifão invertido é um troço gravítico de coletor, no qual a água escoar sobre pressão. Este tipo de órgão tem como objetivo superar vários tipos de obstáculos, como por exemplo depressões naturais do terreno ou condutas de água, sem perdas significativas de energia.[8]

Desarenadores e câmaras de grades - O objetivo dos desarenadores é remover as partículas com dimensão igual ou superior a 0,2 mm e evitar a deposição de matéria orgânica. De modo a prevenir danos nas estruturas a jusante, os desarenadores devem ser implantados a montante de estações de tratamento, de instalações elevatórias e de sifões. Da mesma forma, as câmaras de grades têm como função reter sólidos grosseiros em suspensão e corpos flutuantes para proteger as canalizações, válvulas e outros equipamentos situados a jusante, de eventuais obstruções.[10]

2.1.3 A DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS EM PORTUGAL

2.1.3.1 Breve Enquadramento Histórico

Os primeiros registos históricos que indiciam a existência de uma rede de saneamento remontam ao século XV. Na verdade, em virtude da peste que assolava a cidade de Lisboa, relata-se que o rei D. João II terá dado ordem para limpar os “canos”. Constatou-se que estes “canos” teriam como função inicial a recolha das águas pluviais. No entanto, acabavam por juntar todo o tipo de despejos, tornando-se um foco de epidemias. [11]

Com o passar dos anos verificou-se uma crescente preocupação com a gestão eficiente da água e a implementação de políticas de sustentabilidade com vista a preservar ou melhorar as suas qualidades. Assim, no domínio do saneamento básico, em 1919, surge a publicação da Lei da Água e mais tarde, na década de 60, são publicadas leis alusivas à água de abastecimento público e por fim, na década de 70, são estabelecidas as leis referentes às redes de drenagem de água residual, possibilitando, finalmente, condições especiais de financiamento para a construção das infraestruturas. Na verdade, os sistemas de drenagem urbana foram menosprezados até ao início da década de 70 visto que até então, a principal prioridade do Estado centrou-se no abastecimento de água potável às populações. [12]

Mais tarde, no início da década de 90, mais concretamente, em 1993, ocorre a reforma operativa do setor após a criação das Águas de Portugal e do Instituto da Água (INAG). Nesta fase, os sistemas relativos à gestão da água foram separados em “alta” e “baixa”, cujo significado será esclarecido mais adiante nesta dissertação. [6]

O desenvolvimento do setor e a sua empresarialização ao longo da década de 90, estimularam o crescimento da cobertura das redes de abastecimento e de águas residuais ao nível nacional. Em 1998, a criação do Instituto Regulador de Água e Resíduos (IRAR), contribuiu para a elaboração de um planeamento e gestão financeira mais eficiente e sustentável do setor. De salientar também, a criação da Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR), em 2009, que substituiu o IRAR como regulador e permanece nos dias de hoje. [6]

Em 2010, a Assembleia Geral das Nações Unidas declarou o acesso à água potável e ao saneamento um direito humano essencial. Apesar de este reconhecimento assegurar o direito, não implica a gratuidade deste serviço. [13]

Apesar do acesso à água potável e ao saneamento ser considerado um direito humano essencial, a gratuidade deste serviço geraria problemas ao nível a gestão deste recurso. Na verdade, a água, ao longo das últimas décadas, devido à industrialização e urbanização, tem sido explorada de uma forma sistemática e excessiva por parte não só das indústrias e agricultura como também por parte, da generalidade, das pessoas que estão integradas numa região onde existe abundância e acessibilidade a este recurso. Posto isto, a taxação da água, nestes casos, atua em prol da sustentabilidade.

Por outro lado, nos países onde haja escassez de água ou em locais onde não exista cobertura dos serviços de abastecimento, e consequentemente o preço deste recurso atinja valores bastante elevados, seria necessário o desenvolvimento de políticas ou criação de fundos de investimento de modo atuar nestes locais e assim, criar melhores condições para fornecer este bem essencial às populações residentes.

2.1.3.2 Caracterização da Situação Atual

As atividades de abastecimento público e de saneamento de águas residuais pelo país contribuem de uma forma significativa para o desenvolvimento económico e social na medida em que são criadas condições nas quais é conferida não só uma melhoria da qualidade de vida da população como também é fomentada a capacidade de gerar atividade económica e, consequentemente, emprego e riqueza. Na verdade, os serviços deste setor são geralmente classificados como serviços de interesse económico geral e são reconhecidos como serviços públicos essenciais pela legislação nacional, mais concretamente pela Lei n.º 23/96, de 26 de julho, designada também como Lei dos Serviços Públicos Essenciais. [14]

Segundo a publicação do Decreto-Lei n.º 379/93, de 5 de novembro, os serviços de águas foram classificados segundo as designações de alta e baixa, conforme as atividades realizadas pelas várias entidades gestoras. Na verdade, os sistemas em alta, ou seja, a jusante da coleta de águas residuais, apenas podem ser concebidos em situações de importância estratégica, desde que sirvam pelo menos dois municípios e que a maioria do investimento seja efetuado pelo Estado em função de razões de interesse nacional. Os sistemas em baixa são todos os restantes sistemas que não são abrangidos pela alta, como os sistemas municipais e os sistemas geridos através de associações de municípios, incluindo as entidades gestoras operadoras do conjunto de infraestruturas, contendo componentes destinadas à recolha e drenagem de águas residuais. [5] Este decreto conduziu à criação dos sistemas multimunicipais, maioritariamente responsáveis pela alta, e dos sistemas municipais, maioritariamente responsáveis pela baixa, e que correspondem, respetivamente, às atividades grossista e retalhista dos setores de abastecimento público de água e de saneamento de águas residuais urbanas.

O modelo de gestão poderá variar em função do âmbito de atuação geográfica que a organização pode ter sob a sua tutela. Os modelos de gestão reconhecidos pela ERSAR são os seguintes: [14]

- Concessionárias Multimunicipais – concessões dos serviços de água e/ou saneamento a empresas que envolvam mais do que um município;
- Concessionárias Municipais – concessões dos serviços de água e/ou saneamento a empresas que envolve somente um município;
- Empresas Municipais e Intermunicipais – empresas de capitais maioritariamente públicos e de natureza municipal que gerem os serviços de água e/ou saneamento a um ou mais municípios;
- Parcerias Estado/Municípios – empresas constituídas por capitais do estado central e por capitais dos municípios que gerem os serviços de água e/ou saneamento;
- Serviços Municipais – gestão direta dos serviços de água e saneamento pelos serviços camarários, através de um departamento do município;
- Serviços Municipalizados – organismo de capital público com gestão delegada dos serviços de água e/ou saneamento em organismos autónomos, mas sob a tutela exclusiva da câmara.

Esta estruturação do setor, em sistemas em “alta” e em “baixa”, conduziu a vantagens em termos de economias de escala, ou seja, a expansão de produção conseguiu ser alcançada com uma menor proporção de aumento de custos. No entanto, implicou a perda de economias de processo, isto é, perdas de eficiência aquando da desintegração vertical dos sistemas na cadeia de valor da água ou do saneamento. Deve-se mencionar que, a verticalização do setor prende-se com a incorporação por parte de uma entidade gestora de todas as fases do processo produtivo do serviço de saneamento de águas residuais. Assim, tendo em conta a divisão dos sistemas em “alta” e “baixa”, surgem problemas ao nível operacional e financeiro, principalmente nos sistemas em “baixa”. [15]

O dimensionamento das infraestruturas é, geralmente, realizado de acordo com o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (DR nº23/95). Esta generalização pode acarretar alguns problemas dado que, por vezes, não se tem consideração algumas características locais (pluviométricas, climatéricas, urbanas, entre outras) que podem influenciar o dimensionamento, consumo e/ou a própria drenagem. [13]

2.1.3.3 Entidades Gestoras (EG)

Os modelos de gestão dos sistemas de drenagem urbana existentes em Portugal apresentam-se da seguinte forma sumária na Figura 2.8.

MODELOS DE GESTÃO UTILIZADOS EM SISTEMAS DE TITULARIDADE ESTATAL		
MODELO	ENTIDADE GESTORA	TIPO DE COLABORAÇÃO
Gestão direta	Estado (não existe atualmente qualquer caso)	Não aplicável
Gestão delegada	Empresa pública (existe apenas o caso da EPAL)	Não aplicável
Gestão concessionada	Entidade concessionária multimunicipal	Participação do Estado e municípios no capital social da entidade gestora concessionária, podendo ocorrer participação minoritária de capitais privados no caso dos serviços de abastecimento de água e saneamento de águas residuais ou maioritária no caso dos serviços de gestão dos serviços urbanos.
MODELOS DE GESTÃO UTILIZADOS EM SISTEMAS DE TITULARIDADE MUNICIPAL OU INTERMUNICIPAL		
MODELO	ENTIDADE GESTORA	TIPO DE COLABORAÇÃO
Gestão direta	Serviços municipais	Não aplicável
	Serviços municipalizados ou intermunicipalizados	Colaboração entre dois ou mais municípios no caso de serviços intermunicipalizados
	Associação de municípios	Constituição de uma pessoa coletiva de direito público integrada por vários municípios
Gestão delegada	Empresa constituída em parceria com o Estado (integrada no setor empresarial local ou do Estado)	Participação do Estado e municípios no capital social da entidade gestora da parceria
	Empresa do setor empresarial local sem participação do Estado (constituída nos termos da lei comercial)	Eventual participação de vários municípios no capital social da entidade gestora, no caso de serviço intermunicipal, podendo ocorrer participação minoritária de capitais privados
	Junta de freguesia	Acordos ou protocolos de delegação entre município e junta de freguesia
Gestão concessionada	Entidade concessionária municipal	Parceria Público-Privada (municípios e outras entidades privadas)

Figura 2.8 Modelos de gestão dos sistemas de drenagem de águas residuais [14]

De acordo com ERSAR (2017), no final do ano de 2016, o conjunto de entidades gestoras em “alta” era constituído por 11 empresas e por 1 entidade gestora de natureza não empresarial a operar em modelo de gestão direta. Os sistemas em “alta” são caracterizados por serem geridos pelo grupo Águas de Portugal em concessões multimunicipais, sendo as entidades gestoras do sistema em baixa o seu financiador. Este serviço compreende cerca de 96% da população e 90% do número de municípios abrangidos por entidades gestoras que prestam o serviço de saneamento de águas residuais em alta.

Nos sistemas em “baixa”, subsistiam 257 entidades gestoras, maioritariamente governadas pelas respetivas autarquias, quer por serviços municipalizados, quer por empresas municipais. O modelo com maior preponderância na prestação deste serviço é o de gestão direta, com 75 % dos municípios e cerca de 59 % da população. Nos sistemas em “baixa”, o financiador são os utilizadores do serviço, através da tarifa de saneamento anexada à mensalidade da conta da água. [14]

A Figura 2.9 apresenta a distribuição geográfica das entidades gestoras do serviço de saneamento de águas residuais em baixa, por submodelo de gestão, a 31 de dezembro de 2016.

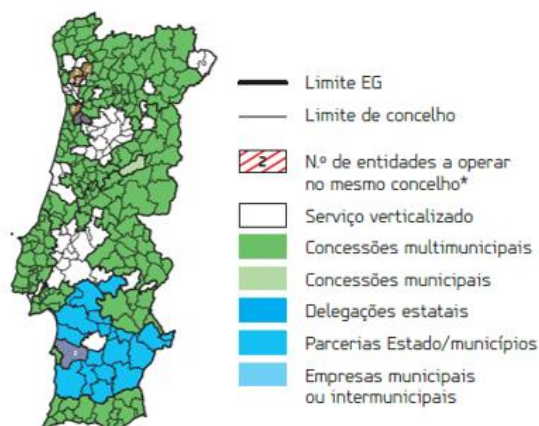


Figura 2.9 Distribuição geográfica das entidades gestoras do serviço de saneamento de águas residuais em baixa, por submodelo de gestão, a 31 de dezembro de 2016 [14]

Como se pode constatar, neste setor de atividade, não se verifica a existência de um mercado concorrencial visto que a competitividade ocorre somente no momento de acesso à concessão no caso de várias empresas ou agrupamentos concorrerem, de modo a obter a concessão de serviços, numa determinada região, durante um determinado período de tempo. [15]

2.1.3.4 Cobertura do serviço de abastecimento e saneamento

A acessibilidade física é o indicador que avalia a disponibilidade do serviço à população, obtida a partir do rácio entre o número de habitações com o serviço disponível do total de habitações existentes. Posto isto, esta taxa é tanto maior quanto mais extensa for a rede dado que atingirá um maior número de habitações. Revela-se, também, importante considerar o nível de adesão ao serviço pois mede o rácio entre o número de habitações ligadas ao sistema face ao número de habitações com o serviço disponível. Isto é, permite determinar a adesão efetiva das habitações aos sistemas. A complementaridade entres estes dois fatores é fundamental porque apesar de a legislação obrigar a ligação das redes prediais de água e esgotos aos sistemas públicos de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais (de acordo com o disposto no art.º 69 do Decreto-Lei nº 194/2009, de 20 de agosto, que refere que “é obrigatório que todos os edifícios, existentes ou a construir estejam ligados aos sistemas públicos de abastecimento de água e/ou saneamento de águas residuais”) se os imóveis não se ligarem à rede disponível, o investimento realizado para aumentar o nível de acessibilidade física não poderá ser rentabilizado, porque a rede não está a ser utilizada. [15]

De acordo a ERSAR (2017), a avaliação da acessibilidade física do serviço de abastecimento de água é efetuada através de um indicador que é definido como a “*percentagem do número total de alojamentos localizados na área de intervenção da entidade gestora para os quais as infraestruturas do serviço de distribuição de água através de redes fixas se encontram disponíveis (conceito a aplicar a EG de sistemas em baixa) ou para as quais existem infraestruturas em alta ligadas ou com possibilidade de ligação ao sistema em baixa (conceito a aplicar a EG de sistemas em alta)*”.

No que diz respeito ao nível de adesão, o indicador tem como função estimar o nível efetivo de ligação dos utilizadores à infraestrutura física disponibilizada pela entidade gestora, determinando a quantidade de alojamentos não habitados e de existência de soluções de tratamento individuais. Deste modo, o indicador é definido como “*a percentagem do número total de alojamentos localizados na área de*

intervenção da entidade gestora para os quais as infraestruturas de acesso ao serviço de águas residuais se encontram disponíveis e têm serviço efetivo (com existência de ramal e de contrato) (conceito a aplicar a entidades gestoras de sistemas em baixa) ou para os quais as infraestruturas do serviço em alta estão disponíveis e têm serviço efetivo (conceito a aplicar a entidades gestoras de sistemas em alta) ”. [14]

A Tabela 2.2 apresenta a avaliação global da acessibilidade física e a respetivo nível de adesão nos sistemas em baixa e em alta, relativa ao ano 2017.

Tabela 2.2 Acessibilidade física e nível de adesão do serviço de abastecimento no que respeita à possibilidade de ligação deste às infraestruturas físicas da entidade gestora [14]

	Sistemas em baixa	Sistemas em alta
Alojamentos existentes	5 530 756	2 892 893
Alojamentos com serviço efetivo	4 573 191	2 539 177
Alojamentos com serviço disponível não efetivo	714 548	167 068
Acessibilidade física do serviço	96 %	94 %
• Área predominantemente urbana	99 %	-
• Área mediantemente urbana	95 %	-
• Área predominantemente rural	92 %	-
Adesão ao serviço	86,5 %	93,8 %

Pela análise dos valores expostos na Tabela 2.2, advoga-se acessibilidade física do serviço em baixa é considerada boa para todas as tipologias. Como já seria expetável, os locais onde a acessibilidade física é menor são as zonas predominantemente rurais, apesar de apresentarem um valor na ordem dos 92 %.

Relativamente ao saneamento, a acessibilidade física do serviço é avaliada por um indicador definido como a “ *percentagem do número total de alojamentos localizados na área de intervenção da entidade gestora para os quais as infraestruturas do serviço de recolha e drenagem através de redes fixas se encontram disponíveis (conceito a aplicar a EG de sistemas em baixa) ou para as quais existem infraestruturas em alta ligadas ou com possibilidade de ligação ao sistema em baixa (conceito a aplicar a EG de sistemas em alta) ”.*

A Tabela 2.3 apresenta a avaliação global da acessibilidade física e o respetivo nível de adesão nos sistemas em baixa e em alta, relativa ao ano 2017.

Tabela 2.3 Acessibilidade física e nível de adesão do serviço de saneamento no que respeita à possibilidade de ligação deste às infraestruturas físicas da entidade gestora [14]

	Sistemas em baixa	Sistemas em alta
Alojamentos existentes	5 549 770	4 025 005
Alojamentos com serviço efetivo	4 105 477	3 267 427
Alojamentos com serviço disponível não efetivo	525 098	335 835
Acessibilidade física do serviço	83 %	90 %
• Área predominantemente urbana	97 %	-
• Área mediantemente urbana	81 %	-
• Área predominantemente rural	70 %	-
Adesão ao serviço	88,7 %	90,7 %

Pela observação da Tabela 2.3, constata-se que a população, que ainda não se encontra provida de saneamento, está na sua maioria localizada em regiões de baixa densidade populacional, como pequenos aglomerados urbanos ou servidos por entidades gestoras de pequena dimensão. Nestes casos, verifica-se que o custo unitário de um serviço público em rede é superior à média nacional e a capacidade financeira da população insuficiente para assegurar a recuperação desses custos. Deste modo, existe um conflito entre o objetivo traçado para o saneamento e a sustentabilidade económica do cumprimento desse mesmo objetivo. Assim, com vista à melhoria da qualidade de vida das populações e do ambiente, a solução poderá passar por infraestruturas de tratamento individuais ou de baixo custo que assegurem a sustentabilidade técnica, económica, financeira e social dos serviços prestados. [16]

2.1.3.5 Planos Estratégicos de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais

Os Planos Estratégicos de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais têm sido um dos principais responsáveis pela crescente evolução do setor das águas em Portugal. Ao longo dos anos, foram desenvolvidos os três planos apresentados na Figura 2.10.



Figura 2.10 Planos desenvolvidos no âmbito dos sistemas de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais.

O primeiro plano desenvolvido neste âmbito, denominado de **Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2000 – 2006** (PEASAAR I), focou-se no desenvolvimento dos sistemas de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais, mais concretamente, nos

sistemas em alta. Foi, então, realizada a estruturação do sector, construindo infraestruturas indispensáveis para a prestação de serviços com qualidade e que permitiram aumentar a população servida. Desta forma, melhorou-se a qualidade da água abastecida e reduziu-se, significativamente, os problemas relacionados com descargas de águas residuais urbanas sem tratamento ou sem o tratamento adequado. [16]

Seguidamente, foi elaborado o **Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2007 – 2013** (PEASAAR II) que apresenta uma diferente abordagem, centrando as suas atenções não só para a articulação dos sistemas em alta e baixa como também para a melhoria e reabilitação das redes de drenagem. De facto, durante os anos em que este plano vigorou, foram estabelecidas medidas e concretizados estudos preparatórios, nomeadamente a alienação da Aquapor pelo grupo Águas de Portugal, a publicação do Regime Económico e Financeiro dos Recursos Hídricos e a conclusão dos estudos de viabilidade das baixas com via ao desenvolvimento das parcerias público-públicas entre o Estado e os Municípios. Foi revisto o quadro legal do sector, destacando a aprovação do alargamento da intervenção regulatória a todas as entidades gestoras dos serviços de águas e resíduos à ERSAR, independentemente do seu modelo de gestão. Importa referir que, ao longo do PEASAAR II, foi efetuada uma adequada gestão dos fundos comunitários previstos no Quadro de Referência Estratégica Nacional (QREN), permitindo contemplar potencialmente qualquer entidade gestora de sistemas de abastecimento público de água e/ou de saneamento de águas residuais urbanas, independentemente do seu modelo de gestão, e com recurso aos critérios de acesso definidos no PEASAAR II. [17]

De salientar que, o PEASAAR II apresentou, pela primeira vez, propostas concretas e consistentes acerca da gestão de redes de águas pluviais visando a redução de afluentes indevidas. De facto, esta questão não era motivo de debate no passado, porque a responsabilidade pela construção desses sistemas e sua gestão eram feitos por serviços comuns dos titulares dos sistemas e, como tal, o seu custo não era repercutido ao utilizador final. Com a evolução dos sistemas de drenagem de águas residuais, a respetiva imputação dos custos da recolha e tratamento aos utilizadores e a separação da gestão dos dois serviços (residuais domésticas e pluviais), comprovou o impacto negativo destas afluentes. Deste modo, surgiu a necessidade de criar redes separativas e atribuição de responsabilidades e encargos. [16]

Tendo em conta esta problemática, durante o período de vigência do PEASAAR II, foram construídas ETAR com linhas de tratamento primário avançado para tempo húmido, ou seja, linhas de tratamento projetadas para, na eventualidade de receber um caudal para o qual não tenha capacidade, atenuar os efeitos ambientais negativos associados à descarga sem tratamento. Posto isto, é expectável, que a minimização de afluentes indevidas seja um objetivo para os próximos planos no âmbito da gestão de redes de drenagem.

O mais recente instrumento de referência da política de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais em Portugal é a **Nova Estratégia para o Setor de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais 2020** (PENSAAR 2020). O PENSAAR 2020 enquadra, para o período 2014-2020, as necessidades de intervenção no sector, para o continente português, sendo que a estratégia nacional deixa de estar focada na construção de novas infraestruturas e focaliza-se na melhoria da gestão dos ativos e na qualidade do serviço prestado, numa perspetiva que visa a sustentabilidade, estando o controlo de afluentes indevidas claramente identificado como um objetivo a atingir. [16]

Deste modo, a partir do balanço do PEAASAR II e do diagnóstico da situação atual, encontram-se definidos, na Tabela 2.4, cinco objetivos estratégicos, também designados por Eixos, para o setor e os respetivos custos de investimento necessários para assegurar que estes sejam alcançados. [16]

Tabela 2.4 Estimativa dos custos de investimento necessários para assegurar os objetivos operacionais [16]

Eixos	Investimento (M€)
Eixo 1: Proteção do ambiente, melhoria da qualidade das massas de água	918
1.1 Cumprimento do normativo	632
1.2 Redução da poluição urbana nas massas de água	54
1.3 Aumento de acessibilidade física ao serviço de SAR	232
Eixo 2: Melhoria da qualidade dos serviços prestados	739
2.1 Melhoria da qualidade do serviço de AA	514
2.2 Melhoria da qualidade do serviço de SAR	225
Eixo 3: Otimização e gestão eficiente dos recursos	1828
3.1 Otimização da utilização da capacidade instalada e aumento da adesão ao serviço	223
3.2 Redução das perdas de água	516
3.3 Controlo das infiltrações e de afluências indevidas	279
3.4 Gestão eficiente de ativos e aumento da sua reabilitação	698
3.5 Valorização de recursos e subprodutos	107
3.6 Alocação eficiente dos recursos hídricos	5
Eixo 4: Sustentabilidade económico-financeira e social	12
4.1 Recuperação sustentável dos gastos	0
4.2 Otimização dos custos de exploração	12
4.3 Redução da água faturada	0
Eixo 5: Condições básicas e transversais	208
5.1 Aumento da disponibilidade de informação	5
5.2 Inovação	6
5.3 Melhoria do quadro operacional, de gestão e prestação de serviços	5
5.4 Alterações climáticas, catástrofes naturais, risco – redução e adaptação	160
5.5 Externalidades: emprego, competitividade, internacionalização	32
Total	3705

Pela análise da Tabela 2.4, verifica-se que os eixos supracitados são compostos por 19 objetivos operacionais. O cumprimento destes objetivos operacionais será avaliado através de indicadores que serão monitorizados anualmente, tendo sido definidos os respetivos valores de base atuais e metas previstas para 2020. De modo a concretizar os objetivos operacionais, foram definidas um conjunto de 48 medidas sustentadas por 135 ações. Destaca-se no Eixo 3, o objetivo operacional 3.3. afeto ao controlo de afluências indevidas que por sua vez, apresenta um custo de investimento de 279 milhões de euros. Na totalidade, o PENSAAR 2020 apresenta um custo de investimento na ordem dos 3705 milhões de euros, sendo que os maiores investimentos serão realizados no cumprimento normativo, na redução de perdas de água e na gestão eficiente de ativos e aumento da sua reabilitação. Como mostra a seguinte Figura 2.11, o custo de investimento total é repartido da seguinte forma pelas diferentes tipologias de sistema. [18]

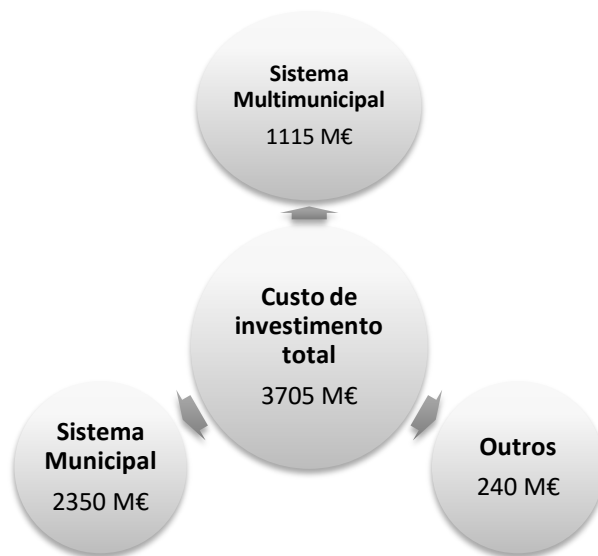


Figura 2.11 Estimativa por tipo de sistema.

Os investimentos por objetivo ou tipo de obra para os sistemas “em baixa”, ou seja, os sistemas municipais, estão distribuídos de acordo com o apresentado na Figura 2.12.

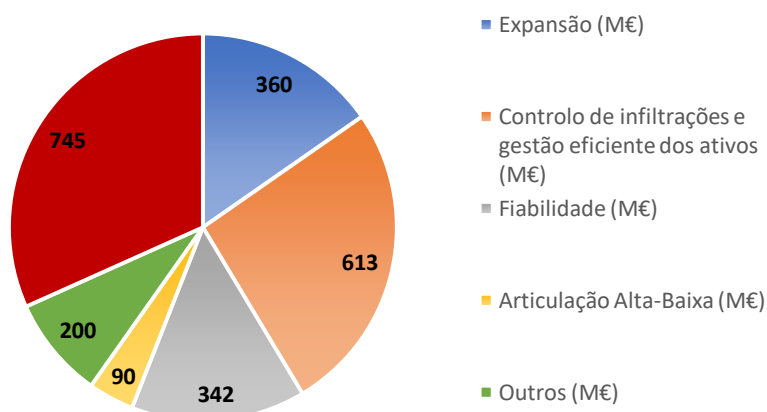


Figura 2.12 Investimentos estimados para os sistemas municipais. [18]

A Figura 2.12 mostra que, no PENSAAR 2020, os montantes previstos para os sistemas municipais comprovam a mudança de paradigma e as novas prioridades traçadas para o setor. Apesar de o investimento na expansão da rede ser avultado e ter como objetivo melhorar a acessibilidade física do serviço, diminuiu significativamente em relação aos anteriores planos nos quais era a vertente com maior custo de investimento. Nesta nova estratégia, é atribuído maior destaque na melhoria da qualidade do serviço através da renovação de redes, controlo de afluências indevidas e aumento da fiabilidade das infraestruturas.

2.1.4 LEGISLAÇÃO E NORMALIZAÇÃO TÉCNICA RELEVANTES

As redes de drenagem estão sujeitas ao cumprimento obrigatório da legislação nacional e europeia. Para além disso, existem normas que não possuem um carácter obrigatório e fornecem indicações e

orientações acerca da gestão destes sistemas. Na verdade, estas normas são baseadas em resultados de investigação, tecnologia e experiência, com vista à otimização de benefícios para uma comunidade e são aprovadas por um organismo juridicamente qualificado para tal.

Usualmente, são estabelecidos regulamentos locais, pelas entidades gestoras, que definem critérios de funcionamento dos sistemas, com um carácter obrigatório. Segundo a documentação legal vigente em Portugal, relativos às infraestruturas sanitárias, destacam-se os seguintes: [5]

- **Decreto-Lei nº 207/94, de 6 de agosto**, relativo aos sistemas de distribuição e drenagem pública e predial;
- **Decreto-Lei nº 23/95, de 23 de agosto**, relativo aos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e drenagem de águas residuais. Neste decreto, são estabelecidos alguns princípios que visam a minimização de afluentes indevidas. De facto, promulga que os sistemas de drenagem novos sejam do tipo separativo, estabelece que o coletor doméstico deve ser colocado à direita do coletor pluvial no sentido do escoamento de modo a minimizar as ligações indevidas. Por fim, relativamente à infiltração, institui que, nas redes de saneamento, deve ser minimizada a afluência de infiltração através de procedimentos adequados de projeto, seleção de materiais e juntas e disposições construtivas, sendo que em zonas em que o nível freático esteja num nível superior ao da soleira da câmara de visita, deve garantir-se a estanquidade a infiltrações das paredes e fundo;[10]
- **Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de junho**, relativo à recolha, tratamento e descarga de águas residuais no meio aquático;
- **Decreto-Lei nº 348/98, de 9 de novembro**, atualização do Decreto-Lei nº 152/97 de 19 de junho;
- **Decreto-Lei nº 56/99, de 26 de fevereiro**; relativo à qualidade de descarga e concentração de substâncias perigosas;
- **Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto**, relativo a normas, critérios e objetivos de qualidade das descargas para proteção dos meios aquáticos;
- **Decreto-Lei nº 294/94, de 16 de novembro**, relativo ao regime jurídico de concessão de gestão e exploração dos sistemas multimunicipais de tratamento de resíduos sólidos urbanos;
- **Decreto-Lei nº 319/94, de 24 de dezembro**, relativo à construção, gestão e exploração dos sistemas multimunicipais de captação e tratamento de água para consumo público;

2.2 Afluências indevidas

O caudal de águas residuais que circula nas redes de drenagem pode ter várias origens e depende do tipo de sistema usado. Sinteticamente, este caudal pode ser dividido nas quatro categorias apresentadas de seguida: [2]

- Águas residuais domésticas, oriundas de habitações, zonas comerciais e edifícios públicos;
- Águas residuais industriais, nas quais predominam efluentes industriais;
- Águas pluviais provenientes do escoamento superficial causado pela precipitação;
- Afluências indevidas, provocadas por água que entra no sistema através de meios indiretos e/ou diretos.

Tendo em conta o propósito do tema desta dissertação, seguidamente será dado ênfase à caracterização da categoria na qual se encontram as afluentes indevidas.

As afluentes indevidas são um fenómeno complexo na medida em que a sua presença pode interferir em várias vertentes da gestão de uma rede de drenagem. Na verdade, o seu carácter multidimensional pode ter implicações não só a nível técnico como ao nível da gestão e da sustentabilidade da rede. Apesar da cooperação na gestão entre as redes de águas residuais e as redes de águas pluviais, o facto destas se encontrarem separadas conduz à divisão do financiamento aquando da sua reabilitação, o que condiciona a resolução deste problema. Por outro lado, em alguns municípios, não existe uma rede pluvial estruturada nem consciência de que a ligação à rede de saneamento é uma prática incorreta. Esta falta de estruturação e conhecimento acaba por servir como um incentivo a ligações clandestinas. [16]

A crescente influência desta problemática conduziu várias empresas a elaborarem relatórios de contas e simulações, nos quais comparam os caudais de dimensionamento das redes urbanas, com os volumes afluentes às Estações de Tratamento de Águas Residuais faturados, com vista a quantificar os volumes excedentários e assim, investigar as origens das afluentes para, posteriormente, preveni-las. Para além destes benefícios económicos, a redução das afluentes indevidas permite melhorar a qualidade das massas de água.

2.2.1 CONCEITO

O conceito de afluentes indevidas consiste no caudal de água que, de uma forma parasítica, aflui aos sistemas de drenagem, proveniente de diferentes origens, entrando diretamente na rede ao longo do seu percurso e condicionando o seu desempenho. O termo “afluentes indevidas” corresponde, na bibliografia anglo-saxónica, ao termo “*I/I (Infiltration & Inflow)* “. [1]

Segundo Metcalf & Eddy (2003), as afluentes indevidas podem ser divididas em cinco diferentes tipos, como se pode avaliar na seguinte Tabela 2.5, sendo que os dois primeiros tipos têm origem em águas subterrâneas e os três restantes advêm de águas pluviais.

Tabela 2.5 Tipos de afluentes indevidas [2]

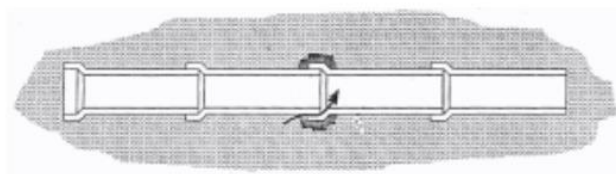
Tipo de afluência indevida	Definição
Infiltração	Entrada de água subterrânea nas infraestruturas do sistema de drenagem através de deficiências nos tubos, nas juntas dos tubos, ligações ou através das paredes das câmaras de visita.
Afluência base	Entrada de água subterrânea no sistema de drenagem através de drenos (fundação, fontes ou áreas pantanosas) e de descargas de água de arrefecimento. Esta entrada de água é considerada constante e é medida juntamente com a infiltração.
Afluência direta	Escoamento de águas pluviais que entram diretamente no sistema de drenagem. Possíveis origens são os escoamentos em telhados ou em ligações indevidas de ramais pluviais de edificações e de sumidouros.
Afluência total	Soma das afluentes anteriores com outras possíveis descargas feitas a montante (por descarregadores de tempestade, por exemplo).
Afluência retardada	Água pluvial que poderá necessitar de vários dias para percorrer ou a entrar no sistema de drenagem (devido a reservas e empoçamentos na bacia natural, por exemplo).

É importante referir que, para além de todos os tipos enumerados, podem ainda ser incluídas as descargas não licenciadas, que também provocam a entrada de efluentes no sistema de drenagem. No entanto,

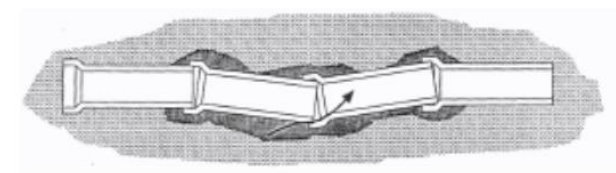
como são situações pontuais, com origens desconhecidas e impossíveis de prever, não se efetua a diferenciação desta parcela na análise da infiltração.

Através da Figura 2.13, é possível compreender e analisar uma das várias problemáticas subsequentes das afluências indevidas nas redes de drenagem, demonstrando a evolução, por fases, da desintegração da estrutura de um coletor por ação da infiltração da água.

1ª Fase – Defeito na ligação de uma junta ou na conexão lateral provoca a abertura da junta aquando da infiltração.



2ª Fase – Aumento dos fenómenos de infiltração e exfiltração e a desestabilização da trincheira causam a desconexão, inversão da inclinação dos tubos.



3ª Fase – Cargas desiguais devido ao deslocamento origina deformações nas tubagens como articulações abertas e deslocadas, fissuras e inversão da inclinação.



Figura 2.13 Evolução da desintegração estrutural de um coletor por ação de afluência indevida. [19]

A situação descrita anteriormente pode ocorrer após um evento pluviométrico, onde os caudais de infiltração afluem diretamente à rede através das câmaras de visita ou dos coletores.

Para além disso, os caudais podem, também, entrar diretamente na rede, devido à existência de ligações indevidas, resultantes da ligação da rede predial pluvial à rede pública doméstica. A Figura 2.14 representa esquematicamente algumas das ligações indevidas, nomeadamente a ligação da rede predial pluvial à rede pública doméstica. [20]



Figura 2.14 Exemplos de ligações indevidas.

Apesar de se considerar importante o conhecimento da classificação das afluências indevidas apresentadas na Tabela 2.5, os estudos mais recentes acerca desta problemática apontam apenas para a distinção das afluências indevidas em duas vertentes principais: **infiltração direta** e **infiltração indireta**. Deste modo, por uma questão de objetividade e consonância, seguidamente serão, somente, abordados e aprofundados estes dois conceitos.

2.2.2 INFILTRAÇÕES DIRETAS

As infiltrações diretas são definidas como a entrada, nas redes de drenagem, de águas parasíticas provenientes, diretamente, de fenómenos pluviométrico, cujos caudais resultantes, mais comumente designados por escoamento superficial, podem ser divididos em [21]:

- Escoamento direto;
- Drenagem rápida.

Após um evento pluviométrico, o escoamento direto apresenta uma relação direta com os volumes afluentes originados, dissipando-se em pouco tempo com o fim da chuva. Posto isto, considera-se que estes caudais representam um efeito curto no tempo, da rede de drenagem a um evento pluviométrico, visto que estes podem durar alguns minutos ou até mesmo umas horas. De facto, a existência destes caudais depende da duração e da intensidade de um dado evento pluviométrico. Quanto maior for a duração e intensidade da precipitação, maior será o tempo de permanência destes caudais na rede.

A localização deste tipo de infiltrações é, muitas vezes, facilmente detetável na rede pois ocorre em pontos localizados da mesma e, geralmente, a sua causa deve-se à existência de ligações ilícitas de ramais de descarga de águas pluviais a coletores separativos de águas residuais domésticas. [22]

Por outro lado, designa-se por drenagem rápida o fenómeno de percolação da água através do solo, no qual é drenada pela rede de coletores antes de contribuir para o enchimento dos aquíferos. Neste caso, o tempo de resposta dos caudais de infiltração relativamente à ocorrência de precipitação, pode durar algumas horas ou mesmo alguns dias, uma vez se encontra dependente não só das condições geológicas locais, das características da precipitação, como também do estado hídrico do solo. Estes caudais assumem relevância quando, em situações de pluviosidade intensa, atingem os coletores pelas juntas, fissuras ou câmaras de visita. [22]

Estas duas vertentes das infiltrações diretas (escoamento direto e drenagem rápida) conduzem a caudais de ponta muito elevados, os quais se podem verificar nas estações de tratamento em períodos de ocorrência de precipitação.

Regra geral, as infiltrações diretas são precedidas de [21]:

- Ligações incorretas ou trocadas entre ramais de sumidouros de uma rede pública ou de redes prediais ao sistema separativa doméstica;
- Interceção de caudais pluviais com caudais domésticos na rede predial;
- Ligações incorretas entre coletores pluviais e coletores domésticos;
- Colocação incorreta ou defeitos das tampas das câmaras de visita dos coletores domésticos.

Do mesmo modo, devido à sua entrada direta na rede de drenagem, é possível referenciar os três fatores principais que propiciam o acontecimento deste tipo de afluentes indevidas: topografia, o estado da rede de drenagem e a sua capacidade de transportar caudal.

Neste tipo de infiltração, a topografia do local é, sem dúvida, um fator preponderante pois pode condicionar o desempenho da rede de drenagem desde a sua fase de projeto. Na verdade, a implementação da rede deve ter em conta o relevo do local pois este tem influência no seu tipo e estrutura. O terreno pode apresentar-se em cumeada ou em vale. No caso de o terreno apresentar-se em cumeada, a água decorrente da precipitação escoar, proporcionando uma menor afluência de caudais de infiltração aos sistemas de drenagem no local. No caso de apresentar-se em vale, a água concentra-se no local, levando a maiores caudais de infiltração. O estudo prévio dos declives e acidentes geográficos revela-se essencial para tomada de decisão. No entanto, só, recentemente é que o declive do local do projeto foi considerado uma condicionante na seleção do tipo de rede mais viável a projetar. [23]

Este tipo de afluentes apresenta maior taxa de ocorrência nas redes em “baixa” dado que existe uma maior centralização de câmaras de visita, maior extensão de coletores e ligações ilegais de ramais pluviais domiciliários e sumidouros à rede separativa doméstica. [21]

De acordo com a Environmental Protection Agency (1991), as principais medidas de combate às infiltrações diretas são as apresentadas seguidamente:

- Investigar os locais de ocorrência de infiltração direta, determinando a sua autenticidade e as causas;
- Instituir políticas de controlo de infiltrações, caso estas ainda não se encontrem em vigor;
- Introdução de medidas corretivas, sustentadas em procedimentos de fiscalização e aplicação preventiva.[24]

2.2.3 INFILTRAÇÕES INDIRETAS

As infiltrações indiretas consistem em afluentes que não resultam diretamente de fenómenos de pluviosidade. Este tipo de afluentes tem origem subterrânea e afluem aos coletores por efeito da subida do nível freático e pela fraca estanquidade das infraestruturas como, por exemplo, coletores ou ramais.

A subida dos níveis freáticos é dependente dos eventos pluviométricos e da variação das marés. A variação das marés apenas tem influência no caso de a rede estar próxima à costa ou então, se houver variações nos níveis dos cursos de águas naturais e a rede estiver nas imediações de uma linha de água. Na seguinte figura 2.15, é possível observar e analisar o efeito da subida do nível freático nas redes de drenagem.

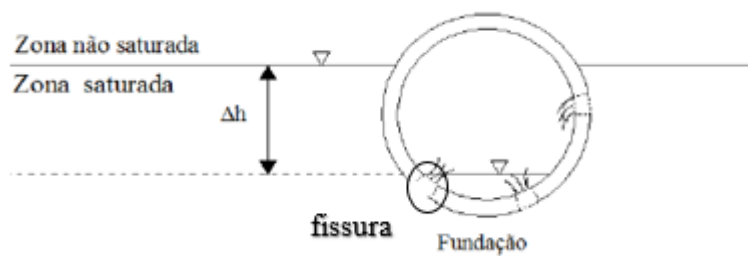


Figura 2.15 Exemplo de infiltração indireta. [19]

Analisando a figura 2.15, verifica-se que quanto maior for a ascensão do nível freático, isto é, quanto maior for o desnível (Δh), maior será o caudal de infiltração que entra num determinado orifício (fissura). Portanto, é possível afirmar que o caudal de infiltração é função das oscilações do nível freático. O nível freático apresenta uma variação tipicamente sazonal, isto é, caracteriza-se por variar lentamente, apesar de, por vezes, poder ser influenciado, indiretamente, por fenómenos de precipitação intensa e prolongada. [19]

Ao invés da infiltração direta, este tipo de afluências indevida, geralmente, está mais presente nas redes em “alta”, devido aos coletores que por sua vez, estão situados a cotas mais baixas como linhas de vale ou linhas de água. Do mesmo modo, os fatores que influenciam a ocorrência de infiltrações diretas apresentam menor complexidade do que aqueles que influenciam a ocorrência de infiltrações indiretas. De facto, as infiltrações diretas entram de forma direta e imediata na rede de drenagem de águas residuais, ao contrário das infiltrações indiretas cuja origem apresenta uma relação indireta com os eventos pluviométricos e como tal, não entram no coletor no imediato, mas de uma forma prolongada. [6] [20]

De acordo com a Environmental Protection Agency (1991), as principais medidas de combate às infiltrações indiretas são as apresentadas seguidamente:

- Avaliação e interpretação das condições de fluxo das águas residuais, para determinar a presença e extensão da infiltração indireta;
- Localização e medição dos caudais excessivos;
- Eliminação destas águas parasitas através de vários métodos de reparação e reabilitação;
- Instalação de um programa de manutenção e monitorização contínua. [24]

2.3 Fatores que influenciam o aparecimento de afluências indevidas

O conhecimento dos fatores que podem estar implícitos à sua ocorrência das afluências indevidas também são um assunto relevante dado que permitem conhecer de onde podem ser provenientes estes caudais excedentários. De um modo geral, as entradas físicas de água na rede dependem dos seguintes fatores: [13], [21], [25], [9]

Corrosão - A degradação da rede pode ser causada pela presença de substâncias químicas que levem a fenómenos como a corrosão, aumentando a ocorrência de infiltração;

Capacidade de transporte - Quanto maior a capacidade de transporte da rede, maior será o tamanho das tubagens e deste modo, terá mais capacidade para albergar os caudais resultantes de afluências indevidas;

Densidade de elementos - Quanto maior for o número de elementos de uma rede presentes numa localização propícia à infiltração de caudais, maior será a probabilidade de as afluentes indevidas entrarem no sistema em maior quantidade;

Estado de conservação dos elementos da rede - A vida útil das tubagens depende do seu material e do modo de operação do sistema. As redes de idade mais antigas são mais suscetíveis a infiltrações, em consequência da perda de capacidade vedante das juntas, por envelhecimento, e por apresentarem fendas ou fraturas diretas, ou devido à falta de estanquidade por parte das tampas de esgoto;

Ligações indevidas - Existência de ligações pluviais a redes de drenagem de águas residuais que origina infiltrações diretas por escoamento direto aquando da ocorrência de eventos pluviométricos;

Densidade Habitacional – Geralmente, as ligações indevidas supramencionadas são oriundas de habitações privadas, ou seja, quanto mais habitações houver numa determinada zona, maior a probabilidade de existir mais ligações indevidas à rede de saneamento e consequentemente, maior ocorrência de afluentes indevidas;

Características do solo - O tipo do solo define, geralmente, a influência das infiltrações de origem pluvial. Na verdade, na presença de um solo impermeável, a água proveniente da precipitação segue o seu caminho até ser coletada pela rede pluvial e em muitos casos, acaba por se infiltrar na rede de água residual. No caso de o solo apresentar elevada permeabilidade, a água irá infiltrar-se e, a curto-prazo não causará tantos problemas. A compactidade do solo também é uma característica a ter em conta visto que na presença de fenómenos pluviométricos, a água gera caminhos preferenciais de escoamento provocando o arrastamento das partículas mais finas do solo que por sua vez, pode induzir assentamentos localizados em vários pontos da rede e ao aparecimento de fissuras e fendas;

Estado dos ramais de ligação em domínio privado - O estado da rede em domínio público nem sempre apresenta as melhores condições, mas encontra-se sujeito a regulação e controlo por parte das entidades gestoras. Ao nível do domínio privado, tal não acontece e, portanto, não existem garantias da utilização de boas práticas na implementação e monitorização do estado dos ramais de ligação privados. Segundo o projeto APUUS, as ligações domésticas à rede é das situações mais negligenciadas e estima-se que possa contribuir com 50% das afluentes indevidas à rede pública;

Pressão hidrostática - A infiltração é proporcional à pressão hidrostática exercida sobre os elementos da rede, tanto por parte de águas pluviais impregnadas no solo, como por massas de água subterrâneas;

Proximidade a estradas com elevado tráfego ou com passagem de veículos pesados – A proximidade a estradas com elevado tráfego ou com a passagem frequente de veículos pesados sobre os coletores e caixas de visita pode danificar estes equipamentos por esmagamento ou provocar a rotura por fadiga do material causando infiltrações provenientes do solo envolvente;

Topografia - A topografia determina a quantidade de águas pluviais que afluem à rede, quer por escoamento direto quer por drenagem rápida, bem como a sua variância faz com que a proximidade das condutas a níveis freáticos de massas de água subterrâneas se altere de ponto para ponto. Do mesmo modo, os pontos mais baixos da rede encontram-se sujeitos a uma maior afluência de caudais excedentários provenientes da precipitação;

Modo de construção e colocação das condutas – A utilização de materiais que resistam bem às pressões interiores exercidas pela água, mas pouco resistentes à compressão diametral induzida pelas

cargas exteriores aumenta a possibilidade de a rede se deteriorar e com isso aumentar as infiltrações. A colocação e montagem feita de forma deficiente, sem compactação correta do solo e sem o recobrimento regulamentar implicam também o aparecimento de tensões de torção provocados por assentamentos. Tal leva, como já foi referido, ao aparecimento de fissuras e fendas;

Ocorrência de precipitação – Fator fundamental na ocorrência de afluentes indevidas diretas, não só através da entrada na rede de água residual por ligações indevidas ou anomalias físicas dos equipamentos como também das águas pluviais que saturaram o solo envolvente;

Proximidade ao nível freático do solo ou a aquíferos – Quando a cota do nível freático de um aquífero é superior à cota de soleira de um determinado elemento da rede, aumenta a probabilidade da ocorrência de infiltrações indiretas. De facto, a construção em zonas cujo nível freático é alto ou estejam próximas de aquíferos, pode resultar que, em tempo húmido, fiquem completamente alagadas e suscetíveis a afluentes indevidas;

2.4 Impacto das afluentes indevidas nas redes, nas ETAR e nos recursos hídricos

O impacto das afluentes indevidas nas redes de drenagem de águas, nas ETAR e nos recursos hídricos é um problema que afeta o desempenho geral destes sistemas e cuja complexidade não permite determinar soluções definitivas devido à sua variabilidade quer temporal quer espacial, fruto das características únicas de cada local. Ou seja, as afluentes indevidas podem ser originadas pela existência de eventos pluviométricos, pelo estado de degradação da rede de drenagem, podendo variar conforme o local, pela existência de ligações ilícitas, bem como pela posição do nível freático, que poderá sofrer alterações significativas tendo em conta a estação do ano.

Tendo em conta o seu carácter multidimensional descrito anteriormente, as afluentes indevidas têm um impacto em vários âmbitos dos sistemas de drenagem de águas. Dentro dos vários âmbitos que são afetados, considera-se os seguintes como os mais preponderantes e aqueles que possuem potencial de apresentar consequências mais gravosas. [21]

- **Ambiente e Saúde Pública** – Relacionam-se com os efeitos adversos provocados pelo sistema de drenagem no meio ambiente e na saúde da população residente nessa mesma área de afetação;
- **Técnico/Estrutural** – Impactos causados a vários níveis da estrutura dos sistemas de drenagem;
- **Socioeconómico** – A solução definida implica custos às Entidades Gestoras e tem consequências ao nível social da zona afetada.

No que diz respeito ao **Ambiente e Saúde Pública**, as afluentes indevidas e o consequente aumento do caudal provoca o aumento de carga hidráulica nas infraestruturas, o que favorece o desgaste do material e a ocorrência de fissuras no mesmo. Esta situação pode conduzir ao fenómeno de exfiltração que leva ao extravasamento de água residual para o exterior que por sua vez, pode contaminar os cursos de água mais próximos e o solo envolvente. Deste modo, compromete-se não só a saúde pública dessa área como também as comunidades de organismos vivos aí existentes. Importa ainda referir que, essa água residual resultante da exfiltração das redes, pode-se alastrar às áreas mais próximas, aumentando a amplitude do problema. [23]

Mais relacionado com o domínio do ambiente, verifica-se que as estações de bombagem apresentam um maior gasto de energia de modo a bombear o caudal em excesso. Tendo em conta o tratamento realizado nas ETAR e a descarga de águas impróprias realizada após o tratamento, o aumento do número de

descargas obriga ao depósito destas águas no meio recetor, centralizando uma maior concentração de poluentes na zona de despejo.

Em Portugal, as redes de drenagem são predominantemente do tipo separativo e as ETAR são, geralmente, dimensionadas para receber caudais inferiores àqueles que receberiam caso as redes fossem do tipo unitário. No entanto e apesar do dimensionamento das ETAR contabilizar uma parcela para águas em excesso, o facto de existirem ligações indevidas entre as redes pluviais e domésticas, pode, facilmente, provocar a sobrecarga da ETAR e comprometer a eficiência do seu desempenho, levando mesmo a que possa haver despejo, no meio recetor, de efluente não-tratado. [5]

No que respeita ao domínio **Técnico/Estrutural**, constata-se que os sistemas de drenagem de águas residuais mais envelhecidos apresentam maiores caudais de infiltração, em relação aos sistemas de drenagem de águas residuais mais recentes. Na verdade, os sistemas mais antigos são mais propensos a apresentar um mau estado de conservação devido à abertura de juntas por envelhecimento ou pela origem de fissuras derivado do desgaste. No entanto, também poderá ocorrer afluentes nos sistemas de drenagem mais recentes caso haja uma deficiente construção ou ligação dos componentes da rede. A proliferação destes problemas aliados com o fenómeno de exfiltração e com as infiltrações de água subterrânea, leva a que a água ao atravessar um solo permeável atinja velocidades elevadas e arraste os sedimentos de menor granulometria, promovendo a movimentação das redes e a sua possível rotura. Também, o arrastamento destes sedimentos e a perda de solo junto das tubagens pode originar o seu assentamento e posteriores infiltrações na rede. Os assentamentos também podem ser causados na construção do respetivo sistema de drenagem.[23]

Um dos fatores que potencia o impacto das afluentes indevidas prende-se com a incorreta manutenção realizada por parte dos operadores responsáveis. A operação destes sistemas encontra-se sujeita ao correto manuseamento e manutenção dos técnicos, para preservação e prolongamento da vida útil. No entanto, a renitência da entidade gestora em contratar mão-de-obra qualificada ou apostar na formação apropriada dos seus operadores devido aos acrescidos encargos financeiros, leva a que estes, por falta de formação, não confirmem a correta manutenção exigida da rede. Outro fator relaciona-se com o local onde se encontra o sistema, isto é, no caso de uma rede de drenagem passar por locais de grande tráfego ou com atividades que sobrecarreguem o solo, apesar de este absorver uma grande percentagem de energia de impacto, não está garantida a sua total dissipação, podendo o coletor ser atingido por um contínuo fluxo energético que pode provocar o desgaste e esmagamento do material que constitui o sistema. [5]

No âmbito **Socioeconómico**, as entidades gestoras responsáveis pelos sistemas de drenagem estão encarregues não só da sua exploração como também da sua manutenção. Desta forma, todos os custos inerentes aos efeitos nas estruturas das afluentes indevidas têm de ser geridos pela respetiva entidade que coordena o sistema. Aliás, os danos estruturais dos sistemas obrigam à sua imediata reparação para precaver danos de maior escala.

Ao nível social, verificam-se impactos aquando do processo de reparação das condutas pois, geralmente, este afigura-se moroso e desta forma afeta a dinâmica do local, pelo abatimento de solos (no caso de grandes fugas), paragens e perturbações no trânsito e desvios na via de circulação. Assim, como efeito imediato e direto na rotina dos utentes, originam descontentamento e reclamação dos residentes. De igual forma, em dias de elevada pluviosidade, o facto de existirem ligações indevidas entre as redes pluviais e as redes domésticas, a sobrecarga dos coletores poderá provocar a ascensão do efluente

doméstico, levando à propagação de resíduos nas ruas e consequentemente, de um odor menos agradável. [21]

Para além dos custos derivados da desintegração de infraestruturas, existem outro tipo de custos, como por exemplo, custos associados às ETAR. De facto, numa ETAR as águas residuais passam por vários processos de tratamento com o intuito de separar ou reduzir a quantidade de matéria poluente da água. Deste modo, poderá ocorrer um aumento dos custos de tratamento na presença de maiores caudais. [21]

Importa mencionar que, como a generalidade das entidades gestoras são do domínio público, ou estatal ou municipal, a dívida gerada, após um balanço financeiro negativo na gestão destes sistemas, é anexada aos contribuintes. Na verdade, mesmo no caso das concessões privadas, o risco dessa gestão é da responsabilidade de quem concessiona e não do concessionário e deste modo, são os contribuintes que futuramente restituirão o valor de um balanço negativo. [25]

MEDIDAS DE CONTROLO E MINIMIZAÇÃO DE AFLUÊNCIAS INDEVIDAS

Como já foi referido anteriormente, as afluições indevidas possuem características variáveis que, atualmente, tornam impossível a sua completa eliminação. Desta forma, as entidades gestoras dos sistemas de drenagem focam as suas atenções na identificação, controlo e minimização com vista a reduzir os impactos supramencionados.

O registo de caudais na rede doméstica em tempo seco permite caracterizar o padrão diário típico da bacia. A comparação entre os dados de caudal registados em tempo seco e os registados durante e após eventos pluviométricos possibilitam a quantificação de caudais que afluem indevidamente à rede doméstica e, muitas vezes, a estimativa da área afeta a cada rede. Igualmente, a diferença de valores dos caudais mínimos nos períodos de tempo seco e nos períodos com ocorrência de precipitação nas redes separativas domésticas funciona como um indicador para estimar volume da infiltração indireta. [22]

Em alguns casos, mais concretamente naqueles provenientes de infiltrações diretas, a ocorrência de infiltração é evidente e facilmente detetável. No entanto, ao nível das infiltrações indiretas, a ocorrência da infiltração processa-se de uma forma uniforme ao longo do sistema e deste modo, é necessário proceder a uma análise mais detalhada. Em qualquer uma destas situações, revela-se fundamental determinar a localização das zonas com maior risco de infiltração. Para isso existem diferentes estratégias de atuação possíveis, mas normalmente a redução/controlo dos caudais de infiltração segue a seguinte ordem: [23]

1. Quantificação dos caudais de infiltração e deteção de zonas prioritárias;
2. Identificação das principais causas e dos elementos estruturais críticos;
3. Seleção das tecnologias apropriadas a cada patologia;
4. Reabilitação dos troços de acordo com as prioridades definidas.

A problemática relativa à avaliação da infiltração coloca-se em duas fases distintas: em **fase de projeto** e em **fase de exploração**. Na fase de projeto, decorre a quantificação dos caudais relativos ao dimensionamento e na fase de exploração, estima-se o desempenho do sistema em termos técnicos e económicos.

3.1 Identificação e quantificação de afluições indevidas

Os caudais de água residual nas redes de drenagem variam ao longo do dia e a quantificação das afluições indevidas pode ser aferida através da análise do perfil de chegada destes caudais a uma ETAR. As variações horárias do caudal de água residual que chegam às ETAR tendem a seguir um padrão diário. Pelo gráfico presente na Figura 3.1, pode-se observar esse padrão.

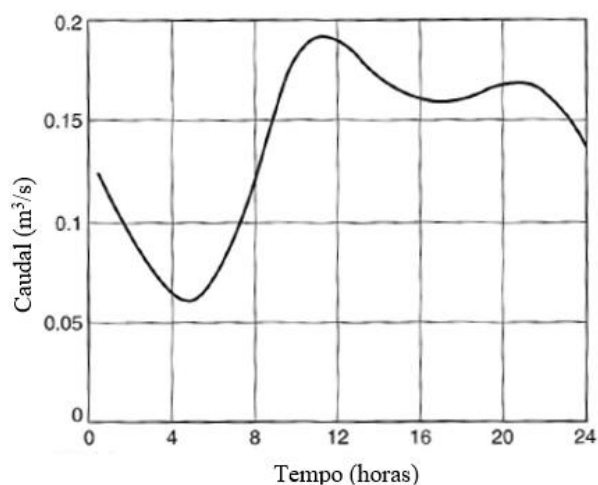


Figura 3.1 Variação horária do caudal afluente às ETAR. [2]

De facto, verifica-se que os caudais mínimos ocorrem ao início da manhã quando o consumo de água é mínimo e o caudal base é constituído por infiltrações e pequenas quantidades de água residual. O primeiro pico de caudal geralmente ocorre ao final da manhã quando a água residual, resultante do elevado consumo matinal, chega à ETAR. O segundo pico de caudal surge ao final do dia ou ao início da noite. Porém, o tempo de ocorrência e amplitude deste pico pode variar conforme os hábitos da comunidade, o seu tamanho e a extensão do sistema de drenagem. [2]

Para além das variações horárias, também deve-se ter conta as variações sazonais e as industriais. As variações sazonais verificam-se, geralmente, em áreas de *resort*, em pequenas comunidades com *campus* universitários e ainda, em comunidades que apresentem atividades comerciais ou industriais sazonais. A magnitude das variações depende do tamanho da comunidade ou da atividade sazonal. Por outro lado, as variações industriais são mais complexas de prever. Por norma, estas instalações apresentam caudais de descarga constantes ao longo do seu processo de produção. Contudo, mudanças internas de processamento podem reduzir o caudal enquanto a expansão da fábrica ou aumento de produção pode aumentar a taxa de descarga de água residual para as redes de drenagem. A criação de uma unidade industrial ou a sua expansão deve ser alvo de uma atenção especial por parte dos municípios dado que a ETAR, responsável pelo tratamento da água residual daquela área, pode ser pequena e não apresentar capacidade para receber e tratar grandes quantidades de efluente. [2]

3.1.1 MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO DAS AFLUÊNCIAS INDEVIDAS EM FASE DE PROJETO

Acerca da quantificação das afluências indevidas em **fase de projeto**, o artigo 126º, do Título IV, Capítulo 2 do Decreto Regulamentar nº23/95, mencionado anteriormente, fornece informações acerca do procedimento que deve ser levado a cabo no dimensionamento das redes de drenagem e na determinação do caudal de infiltração, tendo em conta as afluências indevidas: [10]

“1 – Os caudais de infiltração provêm da água existente no solo e devem ser cuidadosamente ponderados no projeto de novos sistemas de drenagem.

2 – O valor dos caudais de infiltração é função das características hidrogeológicas do solo e do tipo e estado de conservação do material dos coletores e das juntas.

3 – Nos sistemas de drenagem de águas residuais domésticas e industriais deve ser minimizada a sua afluência à rede através de procedimentos adequados de projeto, seleção de materiais e juntas disposições construtivas.

4 – Desde que não se disponha de dados experimentais locais ou de informações similares, o valor do caudal de infiltração pode considerar-se:

a) Igual ao caudal médio anual, nas redes de pequenos aglomerados com coletores a jusante até 300 mm;

b) Proporcional ao comprimento e diâmetro dos coletores, nas redes de médios e grandes aglomerados; neste último caso, quando se trate de coletores recentes ou a construir, podem estimar-se valores de caudais de infiltração da ordem de 0,500 m³ /dia, por centímetro de diâmetro e por quilómetro de comprimento da rede pública, podendo atingir-se valores de 4 m³ /dia, por centímetro e por quilómetro, em coletores de precária construção e conservação.

c) Os valores referidos nas alíneas a) e b) podem ser inferiores sempre que estiver assegurada uma melhor estanquidade da rede, nomeadamente no que respeita aos coletores, juntas e câmaras de visita.”

Verifica-se que no ponto 2 existe falta de informação nos procedimentos apresentados aquando da relação entre o caudal de infiltração e as características hidrogeológicas do solo. De facto, não é anexado ao artigo um conjunto de processos que permita contabilizar essa influência.

Ainda no Decreto Regulamentar 23/95, são estabelecidos os elementos de cálculo necessários para a determinação do caudal de projeto de uma rede de água residual:[10]

- O artigo 122º menciona os parâmetros aconselhados na definição dos valores da população e da capitação;
- O artigo 123º aborda o fator de afluência. Este fator consiste na razão dos caudais de água abastecidos às populações que afluem à rede e define-se o seu valor num intervalo de 0,7 a 0,9, consoante as características do território local. Por exemplo, as zonas agrícolas consomem mais água da rede para outros fins que não os de uso doméstico e, por isso, nestes casos deve ser utilizado um valor inferior para o fator de afluência;
- O artigo 124º refere-se que o caudal médio anual se obtém fazendo o produto da capitação média anual de afluência à rede pelo número de habitantes servidos.

Definidos os critérios de projeto para a obtenção dos caudais de afluências indevidas, a abordagem é idêntica para todas as fontes no cálculo do caudal de projeto da rede em estudo. Assim, as expressões matemáticas utilizadas para estimar o caudal de projeto são as seguintes:

$$Q_{AR,dom} = P \times C \times f_a \quad (3.1)$$

$$Q_{AR,proj} = Q_{AR,dom} + Q_{AR,ind} + Q_{AI} \quad (3.2)$$

Em que:

C - Capitação de abastecimento de água;

f_a - Fator de afluência residual;

P - População;

Q_{AR,dom} - Caudal diário residual doméstico;

$Q_{AR,proj}$ - Caudal diário residual do projeto;

$Q_{AR,ind}$ - Caudal diário residual industrial;

Q_{AI} - Caudal diário de afluências indevidas na rede residual.

Este procedimento para estimar o caudal de infiltração em fase de projeto é o mais usado em Portugal. Por outro lado, sabendo que a determinação das afluências indevidas está dependente de diversos fatores e ainda não existe uma expressão que possa ser usada de forma generalizada, cada País procurou adotar um valor regulamentar, ou uma formulação adequada, nomeadamente, em função do diâmetro e da extensão da rede a montante. Na prática, os caudais de infiltração poderão ultrapassar os valores dos caudais de projeto, podendo ainda funcionar, como um indicador de desempenho da rede.

Apresenta-se a Tabela 3.1 na qual encontram-se expostos critérios de quantificação do caudal infiltrado, em fase de projeto, em diferentes países, sendo que, em alguns casos, existem várias soluções para o mesmo país.

Tabela 3.1 Critérios de quantificação do caudal infiltrado, em fase de projeto, em diferentes países [21]

País	Fonte	Valores de caudais de infiltração
Alemanha	Norma ATV118 (ATV-DVWK 2003)	100% do caudal doméstico em sistemas separativos (em casos justificados pode assumir outra magnitude)
		Negligenciada no dimensionamento dos coletores de sistemas unitários, mas considerada no dimensionamento de estruturas especiais e estações de tratamento
Brasil	ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) – NBR 9649 (1986)	0,05 a 1 L/(s·km) ^[1]
	SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) (1984)	0,05 a 0,50 L/(s·km) ^[1]
EUA	American Society of Civil Engineers-Water Environment Federation (EPA, 2001)	0,05 - 1,39 m ³ /(dia·cm·km) ^[2]
	Metcalf & Eddy (1991)	0,094 a 9,4 m ³ /(dia·cm·km) ^[2]
	USEPA Guidelines	140 L/(dia·mm·km) ^[3]
Irlanda	Greater Dublin Área Sewer Network (2004)	10 a 15 % do caudal médio diário em tempo seco
Portugal	Decreto Regulamentar n° 23/95, artigo 126° (1995)	100% do caudal médio anual, nas redes de pequenos aglomerados com coletores a jusante até 300 mm de diâmetro
		0,5 m ³ /(dia·cm·km), quando se trate de coletores recentes ou a construir ^[2]
		4 m ³ /(dia·cm·km), em coletores de precária construção e conservação ^[2]
Reino Unido	Water Authorities Association (1989)	10% da capacidade do coletor deve ser destinada à infiltração
^[1] Litros por segundo e por quilómetro de extensão da rede. ^[2] Metros cúbicos por dia, por centímetro de diâmetro e por quilómetro de extensão da rede. ^[3] Litros por dia, por milímetro de diâmetro e por quilómetro de extensão da rede.		

3.1.2 MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO DAS AFLUÊNCIAS INDEVIDAS EM FASE DE EXPLORAÇÃO

Atualmente, existem quatro possíveis abordagens que visam a quantificação de afluições indevidas durante a fase de exploração: [26], [27]

- **Balanços Hídricos** - metodologia baseada no balanço entre os volumes registados a montante e os volumes registados a jusante de, por exemplo, uma ETAR;
- **Hidrogramas** - procedimento matemático de quantificação através da análise de diagramas cronológicos de caudais;
- **Marcadores** - procedimento que permite quantificar o volume indevido em função de uma característica distintiva das águas residuais;
- **Modelos de Simulação** - modelos computacionais, empregando algoritmos idênticos aos modelos de percolação, e *inputs* característicos da bacia a simular.

Para além das metodologias apresentadas na Tabela 3.2, existem muitas outras publicadas relativas à quantificação de afluições indevidas. No entanto, por uma questão de objetividade desta dissertação, optou-se por explorar apenas as técnicas que foram divulgadas mais recentemente.

Tabela 3.2 Algumas das metodologias publicadas referente à quantificação de afluições indevidas [19]

Método	Tipo	Descrição
Quantitativo	Baseados na medição do caudal	Balanço Hídrico: - Caudal em tempo seco - Método do triângulo Análise de hidrogramas: - Método do Mínimo móvel - Método do Caudal mínimo
	Químicos	Análise da composição química da água: - Método dos Isótopos Naturais - Método das Séries Temporais Poluentes

Por forma a estudar o caudal que afluí aos sistemas de drenagem e determinar as suas características quantitativas, elaboraram-se métodos convencionais que se regem pela hipótese base de que o caudal total que circula nas redes em tempo seco é constituído, somente, por duas componentes: Q_{AR} , que inclui as águas residuais de origem doméstica ou industrial, e Q_{INF} , relativo ao caudal proveniente da infiltração. A equação (3.3), sugerida por Brombach et al. (2002) como um método matemático, tem como função calcular o caudal anual de afluições indevidas numa dada bacia. [28]

$$Q_{Total} = Q_{AR} + Q_{AI} \quad (3.3)$$

De acordo com equação (3.3), constata-se que a partir da diferença entre o valor do caudal total em tempo seco (Q_{Total}) e o caudal relativo às águas residuais (Q_{AR}), é possível obter o caudal referente à componente de afluições indevidas (Q_{AI}). Ou seja, calculando a diferença entre o somatório dos caudais de tempo seco registados na secção mais a jusante da bacia ao longo de um ano, e o somatório dos caudais teóricos de águas residuais afluentes ao sistema no mesmo período, obtém-se o volume das afluições indevidas ao longo desse ano.

3.1.2.1 Caudal em tempo seco

O caudal em tempo seco, ou também designado por “dry weather flow” (DWF), consiste no caudal que é transportado num sistema de drenagem com exceção do caudal proveniente diretamente de um evento pluviométrico, ou seja, o caudal proveniente das infiltrações diretas. [19]

O valor do caudal em tempo seco é, regra geral, sustentado em séries temporais, horárias ou diárias. Tendo em conta a variação do nível freático, o caudal deve ser analisado ao longo de um intervalo de tempo significativo, sendo que a parcela referente às águas residuais é estimada com base em valores teóricos. [29]

Esquemáticamente, o caudal em tempo seco pode ser representado da seguinte forma:

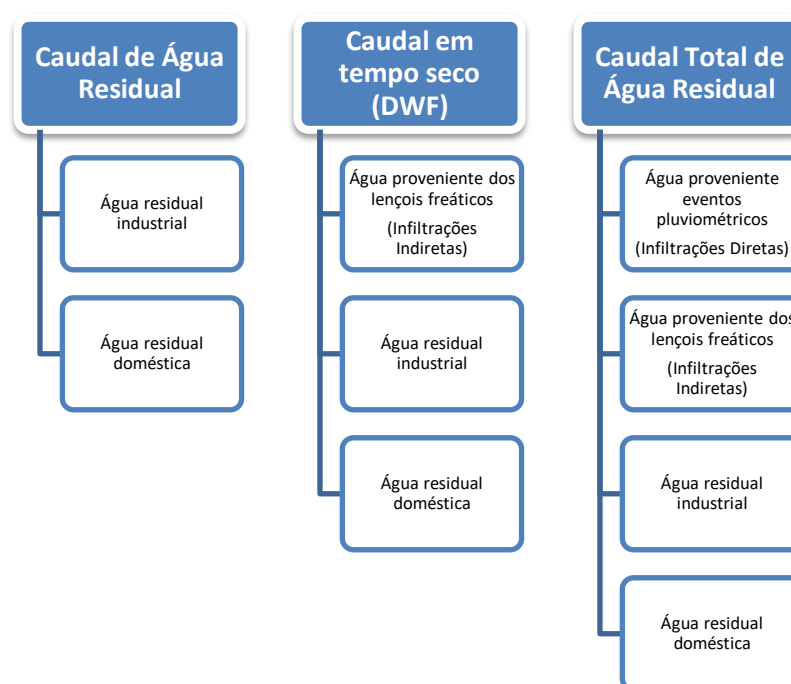


Figura 3.2 Representação esquemática dos componentes do caudal total de água residual.[19]

O caudal médio diário em tempo seco (*DWF*) pode ser estimado pela seguinte fórmula, na qual na qual **C** é a capitação média diária de águas residuais (m³/hab.dia), **P** é a população abastecida pelo sistema de drenagem (habitantes), **E** consiste no caudal diário de descargas industriais (m³/d) e **I_{IND}** é a infiltração indireta (m³/d):

$$DWF = C \times P + E + I_{ind} \quad (3.4)$$

Para aplicar a equação supracitada é necessário adquirir os dados relativos às capitações, população e descargas industriais. A capitação pode ser determinada por tabelas normativas e pelo Decreto Regulamentar nº 23/95. Contudo, tendo em conta que os hábitos de higiene e de utilização são diferentes consoante cada habitante, os valores estimados podem divergir do cenário em estudo. Deste modo, os valores devem ser, numa fase posterior, determinados com mais fiabilidade, após medições nas estações de tratamento. Do mesmo modo, o valor do caudal industrial é, geralmente, determinado com base no valor máximo a descarregar para cada indústria e considera-se que corresponde ao máximo admissível.

Portanto, conhecendo o caudal em tempo seco, é possível calcular o valor do caudal de infiltração. No caso de não sucederem eventos pluviométricos no período de segurança (entre 7 a 10 dias), os registos

monitorizados, por esta via, consideram-se fiáveis. No entanto, note-se que influência pluviométrica pode ter influência até um período de 6 meses após a sua ocorrência. [25]

Na eventualidade de não existirem dados relativos à infiltração, em áreas com níveis freáticos elevados, admite-se que a infiltração é 45% do caudal em tempo seco (incluindo a infiltração), como mostra a seguinte equação (3.5),

$$I_{ind} = 0,45 \times DFW = 0,45 \times (C \times P + E + I_{ind}) \quad (3.5)$$

Simplificando a equação referida, obtém-se a equação (3.6).

$$I_{ind} = 0,8 \times (C \times P + E) \quad (3.6)$$

Salienta-se que a percentagem 45% utilizada é equivalente a uma capitação doméstica de 115 a 120 L/hab.dia, segundo um estudo realizado no Reino Unido. Contudo, com vista a uma análise mais rigorosa, é recomendada a realização de um estudo prévio da população residente na área em investigação. [30]

3.1.2.2 Método do triângulo

Segundo Weiß et al. (2002), o método do triângulo consiste na disposição, por ordem crescente de grandeza e em percentagem relativamente ao valor máximo registado no período em estudo, de todos os registos dos valores dos caudais médios diários, originando, graficamente, uma curva em forma de “S”.

Assumindo que o caudal médio de água residual é constante ao longo do tempo, é gerada uma linha horizontal no gráfico (representada a castanho na Figura 3.3), sendo que o valor da área do retângulo abaixo dessa linha corresponde ao volume de água residual tratado ao longo do período de tempo em análise. Atente-se que, caso a área em estudo apresentar uma elevada atividade industrial, assumir como constante o valor de caudal de água residual ao longo do tempo, pode comprometer a precisão e fiabilidade do método. [28]

Do mesmo modo, a área que se encontra entre a curva e a linha horizontal, representa o volume de água proveniente de infiltração direta e indireta ao longo do período em análise. Para separar estes dois componentes das afluentes indevidas, admite-se que, após intensos períodos de pluviosidade, o caudal de infiltração direta é máximo. Ao invés, assume-se que o valor do caudal resultante de infiltração indireta é zero enquanto a rede estiver preenchida com água pluvial e água decorrente da exfiltração. A exfiltração consiste na saída de água residual oriunda de um ramal de ligação ou de um sistema de drenagem de águas residuais para o solo envolvente.

O período de pluviosidade é obtido através da comparação entre os registos de caudais nas ETAR e os registos de precipitação. Assim, é possível contabilizar os dias em que ocorre precipitação assim como os dias seguintes em que o seu efeito ainda é notório. Note-se que percentagem de dias com chuva é igual ao quociente entre os dias de chuva e o período considerado no estudo, e a percentagem de dias com sol é igual ao quociente entre os dias de sol e o período em análise. [20], [28]

O gráfico apresentado na Figura 3.3, mostra as respetivas curvas de distribuição de caudal mencionadas anteriormente.

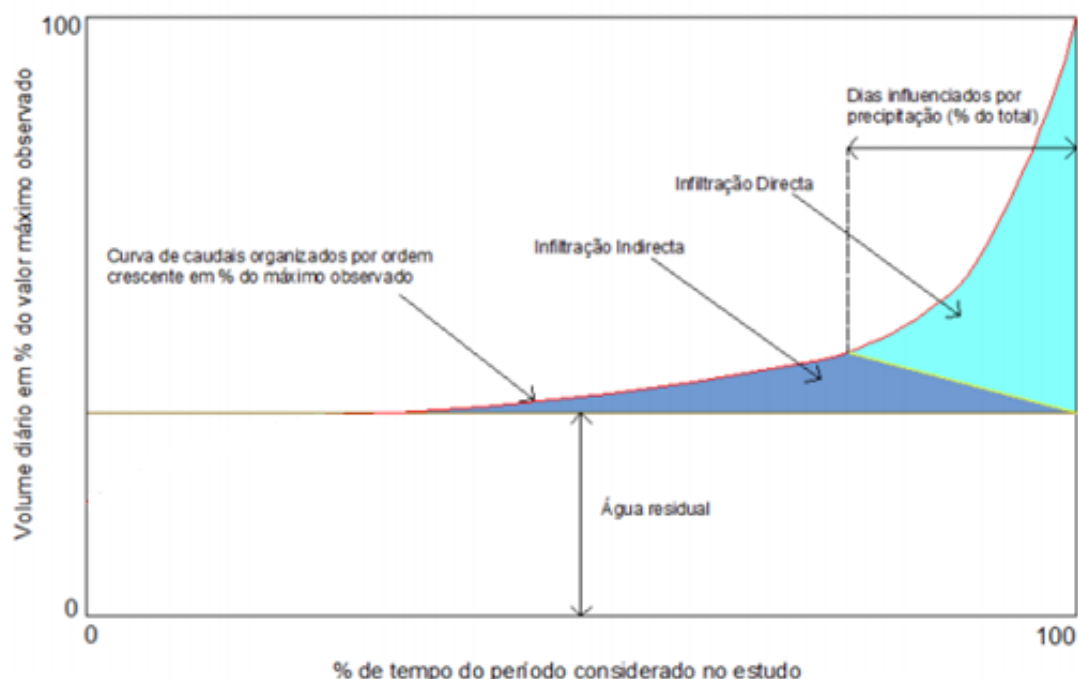


Figura 3.3 Representação gráfica do Método do Triângulo. [32]

Analisando o gráfico da Figura 3.3 e como já foi referido anteriormente, após o início de um período de precipitação, a componente relativa à infiltração indireta atinge um valor teoricamente nulo enquanto a parcela referente ao caudal proveniente de infiltração direta atinge um valor bastante mais elevado. Por esta razão, admite-se que existe uma relação matemática linear e traça-se uma reta entre os dois extremos. Na verdade, esta reta corresponde à linha representada a amarelo na Figura 3.2, ou seja, a linha de separação que se encontra entre a área preenchida a azul claro e a área preenchida a azul-escuro. O ponto de interseção desta linha com a curva de caudais divide os caudais de tempo seco (à esquerda do ponto) dos caudais associados a tempo de chuva (à direita). Desta forma, diferencia-se o volume de água de origem pluvial do volume de água proveniente de infiltração indireta, obtido através da área do triângulo formado entre a curva em S e a referida reta. [19]

3.1.2.3 Método do Mínimo móvel

De acordo com Weiß *et al.* (2002), o método do mínimo móvel, também designado como “*Moving-minimum*”, é um método de avaliação das infiltrações que se baseia num conjunto de medições durante um determinado período de tempo.

O método mínimo móvel foi desenvolvido tendo por base a seguinte premissa: o caudal em tempo seco é igual ao valor do caudal mínimo registado nos 21 dias anteriores. Considera-se que o período utilizado para determinar o valor do caudal mínimo de águas residuais é de 21 dias visto que permite excluir o escoamento superficial a curto prazo, ou seja, excluir o conjunto de dias com influência direta de precipitação. Assim, utiliza-se um período de 21 dias pelo facto de este se considerar um período suficientemente longo para que haja pelo menos um dia sem influência direta de precipitação. [19]

Este método é de fácil e simples aplicação sendo para isso, apenas, necessários registos diários e permite a elaboração de hidrogramas representativos dos caudais afluentes a ETAR e dos caudais de afluências indevidas, fazendo para cada dia da série temporal o estudo dos 21 dias precedentes. Através do mínimo móvel é possível calcular o volume de infiltrações diretas e indiretas, ao longo de um dado período,

sendo que este corresponde à diferença entre o mínimo móvel e entre o caudal médio de origem doméstica. [28]

Assim sendo, o volume de escoamento direto ou superficial corresponderá à diferença entre o caudal afluente às ETAR, num dado período, e entre a soma das infiltrações com a componente de origem residual (Weiß, Brombach e Haller 2002).

$$V_{Esc.dir}^j = V_{ETAR}^j - V_{MM}^j \quad (3.7)$$

$$V_{inf}^j = V_{MM}^j - (V_{res,dom}^j + V_{res,ind}^j) \quad (3.8)$$

$$V_{AI}^j = V_{Esc.dir}^j + V_{inf}^j \quad (3.9)$$

Onde:

$V_{Esc.dir}^j$ - Volume de escoamento direto afluente à rede residual no dia j;

V_{ETAR}^j - Volume afluente à ETAR ou à secção de medição no dia j;

V_{MM}^j - Volume correspondente ao mínimo móvel dos 21 dias prévios ao dia j;

V_{inf}^j - Volume de infiltrações afluente à rede residual no dia j;

$V_{res,dom}^j$ - Volume de águas residuais domésticas afluente à rede residual no dia j;

$V_{res,ind}^j$ - Volume de águas residuais industriais afluente à rede residual no dia j;

V_{AI}^j - Volume de afluências indevidas afluentes à rede residual no dia j.

Uma das maiores vantagens desta metodologia é o facto de que a análise não está dependente de informação acerca da existência ou não de precipitação nos dias prévios, dado que permite determinar as afluências indevidas totais apenas com base nos registos dos caudais (Weiß, Brombach e Haller 2002). Uma das possíveis desvantagens deste método consiste no facto de lhe faltar a componente física neste tipo de estudos, ou seja, a simplificação dos cálculos leva a que este método seja apenas visto como uma aproximação a um resultado plausível para a maioria dos sistemas. Apesar disso, segundo Weiß et al. (2002), foram efetuados testes de modo a averiguar a sensibilidade dos resultados e chegou-se à conclusão de que um período de estudo de 21 dias antecedentes garante resultados viáveis.

A seguinte Figura 3.4 demonstra, graficamente, um exemplo da aplicação do método do mínimo móvel para a elaboração de hidrogramas de afluências indevidas. Importa salientar que, uma vez que o valor das afluências indevidas totais é a diferença entre o caudal afluente à ETAR e o caudal residual de origem doméstica, bem como as afluências indevidas indiretas equivalem à diferença entre o mínimo dos últimos 21 dias e o caudal residual de origem doméstica, nos dias em que o caudal residual de origem doméstica seja superior aos outros dois registos, o valor da respetiva afluência indevida é tida como zero.

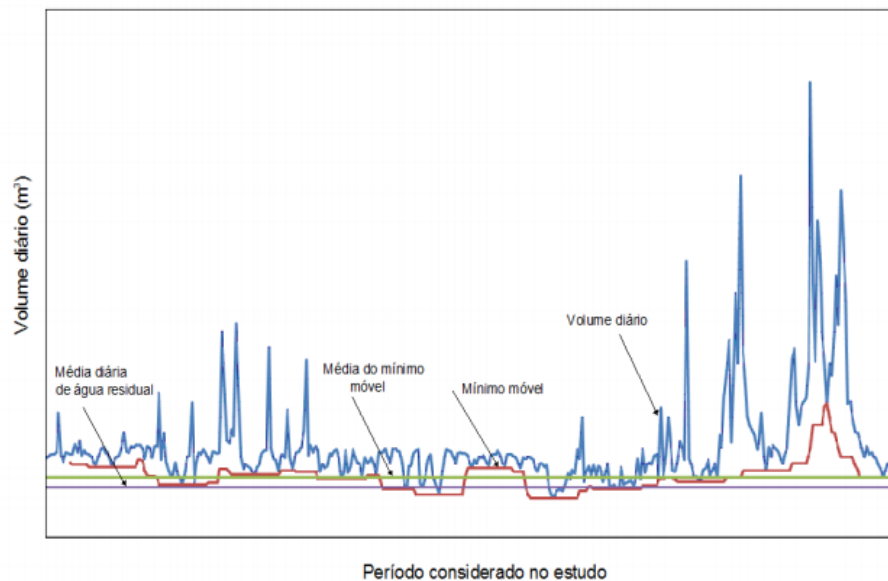


Figura 3.4 Representação gráfica do método do mínimo móvel [20]

Analisando o gráfico da Figura 3.4, constata-se que o caudal do mínimo móvel em função do tempo subtraído pela média diária de água residual permite obter uma estimativa do volume que infiltra na bacia de drenagem ao longo do período em estudo.

3.1.2.4 Método do Caudal Mínimo

O método do Caudal Mínimo, como a própria designação indica, utiliza os valores do caudal mínimo de modo a quantificar as infiltrações indiretas nas redes de drenagem. Com o auxílio dos registos dos caudais em tempo seco ao longo do dia, é possível estimar o caudal médio diário em tempo seco e o caudal mínimo diário em tempo seco, sendo que este último é, geralmente, obtido durante o período noturno. De facto, durante as primeiras horas do dia (madrugada), o valor do caudal de água residual atinge os seus valores mais baixos.

Para realizar os cálculos relativos a este método, admite-se que o caudal mínimo registado em período noturno é resultado não só das infiltrações, mas também apresenta uma pequena parcela de água residual. Portanto, durante a ocorrência do caudal mínimo em tempo seco, por vezes considera-se que 10% do seu valor é água residual. [21]

Deste modo, para estimar a infiltração (I) utiliza-se a seguinte equação:

$$I = Q_{\text{mínimo}} \times (1 - \% \text{água residual}) \quad (3.10)$$

Sendo,

$Q_{\text{mínimo}}$ - Caudal mínimo (m^3/d)

$\% \text{água residual}$ - Percentagem de água residual (geralmente 10%)

Sendo o caudal médio registado em 24 horas (\bar{Q}) correspondente a toda a água afluente à ETAR, tem-se que:

$$\bar{Q} = Q_{\text{água residual}} + I \quad (3.11)$$

Em que,

$$Q_{\text{água residual}} = C \times P + E$$

Posto isto, a equação (3.8) também pode ser colocada em função da infiltração, obtendo a seguinte equação (3.9).

$$I = \bar{Q} - Q_{\text{água residual}} \quad (3.12)$$

A percentagem de 10% referente à água residual na estimativa do caudal mínimo pode variar conforme as particularidades da área em estudo. Por um lado, pode existir atividade industrial a ocorrer durante 24 horas ou em períodos concentrados da noite. Por outro, dependendo da extensão da rede pode haver tendência para o aumento desta percentagem. Importa também referir que em certas zonas, onde se verificam caudais reduzidos e seu registo afigura-se difícil, deve recorrer-se a medidores de caudal ultrassónicos, que permitem registar valores de caudal com alturas de escoamento mais baixas. [22]

3.1.2.5 Métodos desenvolvidos no Projeto APUSS

O projeto APUSS (*A*ssessing *I*nfiltration and *E*xfiltration on the *P*erformance of *U*rban *S*ewer *S*ystems), decorreu de 2001 a 2004 e teve como foco a avaliação e melhoramento do desempenho dos sistemas de saneamento, delineando métodos adequados para localizar e quantificar a infiltração e exfiltração nestes sistemas. Este projeto reuniu universidades, consultores de engenharia, empresas de saneamento e municípios presentes em sete países Europeus, incluindo Portugal. Este projeto contou com quatro “Work Area” (WA) e para cada uma destas, foram estabelecidas “Work Package” (WP). Denote-se que, na “Work Area 1” foram desenvolvidos novos métodos de medição das infiltrações que possibilitassem o conhecimento de zonas do sistema de coletores com ocorrência de infiltração, baseados num esforço analítico limitado e com um baixo risco ambiental. [9]

Sucintamente, os principais objetivos do programa visaram: [33]

- Desenvolvimento e verificação de novos métodos de quantificação e controlo de infiltrações, designadamente o **Método dos Isótopos Naturais** e o **Método das Séries Temporais Poluentes**;
- Avaliação do comportamento dos sedimentos nos esgotos;
- Avaliação das ligações domiciliárias através do desenvolvimento de métodos volumétricos;
- Desenvolvimento de *software* que possibilite a calibração e validação dos métodos de análise propostos, de modo a auxiliar não só no processo de decisão como também na gestão e manutenção da rede;
- Implementação de métodos económicos analíticos na monitorização da rede de drenagem, avaliando a vertente económica. Estes métodos baseiam-se na criação de indicadores de desempenho e multicritérios numa perspetiva de investimento/reabilitação.

Neste âmbito, desenvolveram-se dois tipos de métodos para estimar a infiltração: **Método dos Isótopos Naturais**, baseado na medição dos isótopos de oxigénio ^{16}O e ^{18}O , e **Método das Séries Temporais Poluentes**, baseado na medição em simultâneo e continuamente do caudal e da concentração em CQO.

O **Método dos Isótopos Naturais** como a própria designação indica, implica o uso de isótopos estáveis, neste caso, ^{16}O e ^{18}O . Estes isótopos devem estar presentes não só na água de abastecimento de modo a servirem como referência para as águas residuais, como também nas águas subterrâneas locais para servirem de referência para a água infiltrada. Tendo em conta que as águas para consumo apresentam

razões isotópicas distintas das águas subterrâneas, é possível determinar a infiltração através da medição da razão à saída de uma dada sub-bacia e aplicando, posteriormente, a equação de balanço de massa. Por outras palavras, este método baseia-se numa avaliação simples e económica, entre a água de abastecimento e água de infiltração, que permite determinar os rácios de infiltração a partir de isótopos naturais.

Este método tem como limitações o facto de ser unicamente aplicado em sub-bacias nas quais a água de abastecimento e a água subterrânea apresentem características isotópicas uniformes. Daí, este método requer que se estude, previamente, os principais tipos, origens e custos de água na bacia a analisar. [9]

O Método das Séries Temporais Poluentes quantifica o volume de infiltração numa rede tendo por base a concentração dos poluentes nas descargas de águas. Isto é, através da diminuição da concentração típica dos poluentes presentes em águas residuais domésticas, é possível aferir se houve infiltração de água proveniente de infiltrações indevidas. Neste método, utiliza-se a Carência Química de Oxigénio (CQO) como traçador visto que é um parâmetro cujo valor não é influenciado por fenómenos como o pH, variações de temperatura, adsorção ou oxirredução.

A implementação deste método solicita a medição simultânea e contínua do caudal e da CQO na secção a analisar, recorrendo a equipamento adequado e fiável. Recolhidos os dados relativos às séries temporais de caudal e concentração de poluentes, devem ser representados gráficos de modo a proceder à sua análise. Por fim, deve-se elaborar um modelo matemático, ajustado à representação gráfica, de modo a quantificar o caudal infiltrado. [9]

3.1.2.6 Recomendação nº 04/2007 do IRAR

O Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR), que atualmente é designado por ERSAR, elaborou a recomendação nº 04/2007, também denominada como “Faturação de serviços em “alta” de saneamento de águas residuais urbanas com contribuição de águas pluviais” na qual são apresentadas as metodologias que devem ser utilizadas ao nível da quantificação dos volumes pluviais nas redes residuais urbanas, também denominadas de escoamento direto ou escoamento superficial. O objetivo passou por tentar uniformizar a nível nacional, a melhoria da gestão dos sistemas em “alta”, intercalando com medições nos sistemas em “baixa”, de forma a poder-se estimar a parcela de infiltração direta e quantificar os caudais descarregados por cada utilizador.

Relativamente às regras e procedimentos de medição para quantificação de águas pluviais afluentes ao sistema, esta recomendação menciona o seguinte: [34]

- *“Para melhor gestão de investimentos na redução de afluentes indesejáveis com origem em redes de drenagem será fundamental que as entidades gestoras de sistemas “em alta” assegurem, sempre que técnica e economicamente justificável, registos de medições em secções de entrega, por forma a permitir não só estimar os caudais descarregados por cada utilizador, como avaliar a parcela com origem pluvial.*
- *“Os caudais de tempo seco e de tempo húmido devem ser estimados a partir de registos contínuos de caudais à entrada das estações de tratamento e, quando justificável, em secções de entrega da rede em “baixa” na rede em “alta” (pontos de recolha), estabelecendo-se curvas padrão de evolução de caudal de tempo seco a partir de registos em período estival. Os volumes afluentes de origem pluvial podem ser estimados com base na diferença entre os volumes registados em tempo de chuva e os valores estimados para condições de referência de tempo seco.*

Para a definição de “dia de chuva”, recomenda-se que:

- A entidade gestora e os utilizadores do sistema selecionem um udómetro (ou mais de um udómetro) localizado na área servida por cada estação de tratamento ou suficientemente próximo desta, cujas medições sejam consideradas representativas de ocorrência de contribuições de águas pluviais na área contributiva.
- Pode ser razoável que um udómetro selecionado como representativo da ocorrência de precipitação na área servida por uma dada estação de tratamento seja considerado também representativo da ocorrência de precipitação em áreas vizinhas servidas por outras estações de tratamento.
- Considera-se “dia de chuva” numa dada área servida se se registar ocorrência de precipitação no udómetro selecionado para o respetivo ponto de medição (estação de tratamento ou secção de entrega).
- Nos dias de chuva, os volumes medidos devem ser repartidos entre o volume de águas residuais domésticas/industriais e o volume de águas pluviais de acordo com a expressão (3.13), que incorpora a média aritmética dos volumes medidos no período antecedente de, pelo menos, M dias consecutivos de tempo seco.

$$V_n^{jT} = V_n^{jad} + V_n^{jap} = \min \left(V_n^{jT}; \frac{\sum_{m=1}^M V_n^{jT}}{M} \right) + V_n^{jap} \quad (3.13)$$

Sendo:

V_n^{jT} – Volume total medido no ponto de medição j (ETAR ou secção de entrega), no “dia de chuva” n ;

V_n^{jad} – Volume de águas residuais domésticas/industriais atribuído ao ponto de medição j , no “dia de chuva” n ;

V_n^{jap} – Volume estimado de águas pluviais, atribuído ao ponto de medição j , no “dia de chuva” n ;

M – Número de dias do último período contínuo de tempo seco;

$\frac{\sum_{m=1}^M V_n^{jT}}{M}$ – Valor médio diário dos volumes totais medidos no ponto de medição j , calculado para o último período, precedente ao dia n , de M dias consecutivos de tempo seco.

- Caso o sistema em análise apresente um hidrograma com uma vincada recuperação lenta do padrão de tempo seco após “dias de chuva”, e que tal seja verificado por medição e/ou modelo matemático calibrado, pode aplicar-se a expressão (3.10), para determinação do volume, nos n dias de tempo seco, equivalentes, em termos de comportamento, a “dias de chuva”. O valor de n variará de sistema para sistema (e, possivelmente, de chuvada para chuvada). ”

Importa mencionar que o valor da parcela M presente na equação (3.10), deverá apresentar uma duração de pelo menos 10 dias, ou seja, deve ser utilizado o valor médio diário do último período contínuo de tempo seco com uma duração mínima de 10 dias.

3.1.3 AVALIAÇÃO E COMPARAÇÃO

Não existe um método de quantificação ou localização/identificação ideal, mas sim um conjunto de métodos que podem ser aplicados de acordo com as condições específicas do local em estudo. Segundo

De Bénédittis e Bertrand-Krajewski (2004), os métodos baseados exclusivamente em medições e registos apresentam maior fiabilidade. Tendo em conta que a ferramenta elaborada baseia-se nos dados relativos a medições e registos das características quantitativas das redes de drenagem, elaborou-se a Tabela 3.3 que resume os aspetos mais relevantes dos métodos quantitativos apresentados.

Tabela 3.3 Comparação dos métodos quantitativos de medição.[19]

Método	Fator	Avaliação
Caudal em tempo seco	Dados	Caudal médio diário de água residual, definição do clima, consumo de água, número de habitantes
	Hipótese	
	Escala	Diária/Anual
	Vantagens	Simples
	Limitações	Definição do clima pouco rigorosa, tendência a subestimar influência da infiltração
Método do Triângulo	Dados	Caudal médio diário de água residual, número de dias em tempo húmido, consumo de água, número de habitantes
	Hipótese	Caudal de água residual constante
	Escala	Anual
	Vantagens	Simples, representação gráfica
	Limitações	Determinação pouco rigorosa das infiltrações, caudal constante de água residual
Caudal mínimo	Dados	Caudal de água residual, definição do clima
	Hipótese	Caudal mínimo é igual ao caudal de infiltração
	Escala	Diária
	Vantagens	Simples
	Limitações	Escolha arbitrária do tempo de medição
Mínimo móvel	Dados	Caudal médio diário de água residual, número de dias em tempo húmido, consumo faturado de água, número de habitantes
	Hipótese	Caudal de água residual doméstica constante
	Escala	Diária
	Vantagens	Sem escolhas arbitrárias, estudo simples da variação das infiltrações
	Limitações	Dependência do tempo de intervalo escolhido e dos fenómenos de pluviosidade
Recomendação nº04/2007 IRAR	Dados	Caudal médio diário de água residual, caudal médio diário industrial, número de dias em tempo húmido, número dias em tempo seco
	Hipótese	“Tempo seco” tem uma duração mínima de 10 dias
	Escala	Diária
	Vantagens	Análise detalhada do volume de água de origem pluvial
	Limitações	Quantifica somente afluentes indevidas diretas
Series Poluentes Temporais	Dados	Caudal de água residual, medição constante de CQO
	Hipótese	Água proveniente das infiltrações não contém CQO
	Escala	Diária
	Vantagens	Considera a diluição das águas e o caudal mínimo noturno
	Limitações	Custo elevado de medição
Isótopos estáveis	Dados	Caudal de água residual, medição de ¹⁸ O
	Hipótese	Quantidade de ¹⁸ O é diferente nas águas residuais e nas águas provenientes da infiltração
	Escala	Diária
	Vantagens	Simples de aplicar, descobre ligações indevidas
	Limitações	Custo elevado de medição

3.1.4 MÉTODOS DE DETEÇÃO E LOCALIZAÇÃO DE AFLUÊNCIAS INDEVIDAS

Com o intuito de localizar e determinar as causas das afluentes indevidas nos sistemas de saneamento foram desenvolvidas várias metodologias que têm como finalidade a identificação nas redes como

ligações ilícitas, fissuras, entrada de águas pluviais, etc. Estes métodos diferem dos métodos quantitativos dado que são mais específicos e não necessitam, pelo menos numa fase inicial, de registo e tratamento de dados.

Tendo em conta a disseminação de componentes de alguns destes métodos pelos sistemas de drenagem e provável invasão de redes presentes em propriedade privada, salienta-se que a sua aplicação por parte de uma entidade gestora deve ser precedida da consulta de informação jurídica e aplicação de todos os procedimentos legais impostos. Igualmente, em espaços públicos, é necessário proceder à sinalização e informação dos procedimentos a utilizar.

A generalidade destes métodos é eficaz quando ocorre uma contaminação generalizada de uma rede de drenagem ou existe evidências claras de desgaste da estrutura, evidenciando a origem e presença dos indicadores de contaminação. Neste caso, esses indicadores apresentam cores ou odores incomuns ou surgem nos coletores de água pluvial durante tempo seco. No entanto, estes métodos são limitados visto que, por exemplo, no estudo de afluentes indevidas numa rede de águas pluviais, uma afluência pode ser oriunda de uma água subterrânea não-contaminada e essa mesma afluência pode ser seguida de água residual resultante da exfiltração de uma rede de água residual. De uma forma geral, estes métodos são considerados subjetivos e têm tendência a produzir resultados falsos-positivos. Apesar das suas limitações, estes métodos são amplamente utilizados pelos municípios devido ao seu baixo custo de implementação e provisão rápida de resultados. [36]

3.1.4.1 Teste com traçador

O **teste com traçador**, também designado “**dye test**”, consiste num ensaio com recurso a corantes de modo a tingir a rede e assim, identificar, numa inspeção visual, se a água drenada teve ou não em contato com o marcador, como mostra a Figura 3.5. Este marcador é não-tóxico e biodegradável e tinge a água com uma cor fluorescente facilmente detetável. A aplicação deste traçador é realizada em pontos estratégicos da rede como jardins, tubos de queda, entre outros. Desta forma, envolve um estudo prévio do local e identificação de todos os possíveis locais de infiltração. No entanto, ao realizar-se inspeções visuais a jusante da colocação do traçador, por vezes não é possível determinar a sua afluência a redes de drenagem de águas residuais. [37]

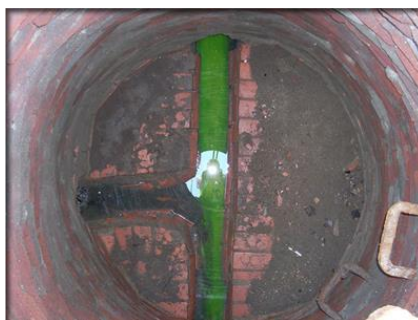


Figura 3.5 Teste com traçador.

3.1.4.2 Teste de fumo

O **teste de fumo** compreende a injeção de um fumo inerte na rede de drenagem a investigar com o intuito de determinar os pontos pelos quais o fumo ascende à superfície. Este método é mais rápido que o teste com traçador e permite identificar os locais onde haja extravasamento ou infiltração de água na rede. Como limitação, tem o facto de o seu resultado poder ser influenciado por condições climáticas e como tal, não é recomendada a sua utilização aquando de um evento pluviométrico ou ventos fortes.

Também não deve ser utilizado quando os solos que se encontram nas imediações da rede se encontram saturados. Apesar disso, é considerado eficiente na detecção de infiltrações de origem direta e/ou indireta. Na Figura 3.6 expõe os resultados de um teste de fumo realizado, onde foram descobertas ligações indevidas na rede. [37]



Figura 3.6 Teste de fumo.

3.1.4.3 Inspeção de vídeo CCTV

A **inspeção de vídeo CCTV** (*Close Circuit Television*) é uma técnica de inspeção de redes bem desenvolvida e cuja eficiência possibilita a localização exata das anomalias e consequentemente, a sua rápida reparação. Esta técnica recorre ao uso de uma pequena câmara CCTV que é conduzida, através de um veículo robotizado, pelas redes de drenagem enquanto a sua imagem é filmada e gravada, como mostra a Figura 3.7.

Recorre-se à inspeção de caixas de escada ou de ligação e, eventualmente, das redes prediais quando é necessário averiguar as ligações incluindo o tipo de ramal domiciliário, existência de instalações elevatórias ou drenos das fundações, ligação de algerozes e pátios. Estas últimas ligações poderão contribuir significativamente para as afluentes pluviais nos coletores domésticos. [22]



Figura 3.7 Inspeção de vídeo CCTV.

Na verdade, pode ser usado em simultâneo com outro método de deteção, permitindo que, após a aplicação de um método quantitativo, seja executada uma inspeção rigorosa e detalhada da localização e das características físicas da rede. Se for realizada somente inspeção visual, deve-se registar, para cada local, a existência de caudal, a altura do escoamento, escoamento com odores, cor, turvação ou matéria flutuante. Vulgarmente, quando existe suspeita de afluência indevida, são utilizados métodos como, por exemplo, a colocação de pequenos sacos de areia, em tempo seco logo após o período de precipitação e durante cerca de 2 dias, para possibilitar a deposição de sólidos que poderão ser posteriormente analisados.[24]

A análise destes sólidos ou amostras de água pode ser realizado através de diferentes parâmetros. A Tabela 3.4 apresenta alguns dos parâmetros utilizados na avaliação das águas.

Tabela 3.4 Parâmetros de avaliação recomendados para detecção de ligações indevidas a coletores. [22]

Parâmetro	Finalidade
pH	Valores muito elevados ou muito baixos podem indicar a existência de descargas de atividades comerciais ou industriais
Temperatura	Em estação fria, temperaturas mais elevadas da água descarregada podem derivar da presença de água de origem industrial ou doméstica
Condutividade	Indicador de sólidos dissolvidos
Cloro Total	Indicador de água de abastecimento
Potássio	Níveis elevados podem ser associados á presença de águas residuais
Amónia	Concentrações elevadas podem indicar a presença de águas residuais
Surfactantes	Indicador da presença de detergentes

Relativamente à temperatura, é um parâmetro indicador de afluentes indevidas devido às diferentes características térmicas entre as águas residuais e as águas pluviais. Deste modo, sabendo a temperatura a que se encontra, geralmente, a água pluvial, numa determinada localidade, é possível determinar se está a ocorrer infiltração de água residual. Segundo Hoes et al. 2009, apesar de haver, claramente, uma diferença de temperaturas entre estes dois tipos de água, se a zona de medição de temperatura estiver longe da zona onde ocorre a infiltração ou se a fonte de contaminação for fraca, a detecção da variação de temperatura pode não ocorrer. Tendo em conta que as variações de temperatura têm de ser realizadas com maior precisão ao nível espacial e temporal, foi, recentemente, desenvolvido o “Distributed Temperature Sensor” (DTS). A DTS é uma técnica utilizada para detetar descargas ilícitas de águas residuais em redes pluviais, o que permite medições de temperatura *online* em redes de drenagem, com altas resoluções espaciais e temporais, utilizando um cabo de fibra ótica. [38]

A inspeção visual CCTV, se for aplicada de uma forma consistente, apresenta inúmeras vantagens ao nível do programa de manutenção preventiva e da investigação acerca das causas das afluentes indevidas na área afetada a essa rede de drenagem. [36]

3.1.4.4 Limpeza por jato

A **limpeza por jato** ou também conhecida por “**Jetting**” consiste na colocação de jatos de água na rede de saneamento procedendo assim à sua limpeza, como exemplifica a Figura 3.8. Este processo é simples e barato e tem como objetivo realizar a limpeza do sistema de modo a proceder, posteriormente, à sua inspeção. Deste modo, permite determinar a presença de ligações ilícitas ou cruzadas. Contudo, tem a limitação de, somente, detetar as infiltrações de origem direta dado que, por exemplo, os coletores encontram-se debaixo do solo e não é possível apurar o seu estado. [6]



Figura 3.8 Limpeza por jato.

3.1.4.5 Ensaios de estanqueidade

Os **ensaios de estanqueidade**, representados na Figura 3.9, podem ser executados com ar, com água ou, apesar de menos frequente, com vácuo. Em sistemas de drenagem novos, os ensaios de estanqueidade produzem resultados satisfatórios no que diz respeito à verificação da existência de infiltração e exfiltração. Adicionalmente, os novos métodos robóticos possibilitam a colocação de tampões e proporcionar a sua aplicação em coletores ou ramais existentes. [39]

De acordo com a norma europeia NP EN 1610:2008, o ensaio de componentes novos pode ser feito com ar ou com água. Se o ensaio for realizado com ar, pode ser necessária a complementaridade do ensaio com água caso os resultados forem ambíguos. Nesta norma são apresentadas especificações a utilizar nestes ensaios. Os testes poderão ser feitos separadamente em troços de coletor e câmaras de visita, com recurso a tampões para isolar a parte a ser ensaiada. [22]



Figura 3.9 Ensaio de estanqueidade.

Em jeito de conclusão, antes de proceder à deteção das anomalias nas condições de uma rede de drenagem, é necessário realizar previamente um estudo de uma perspetiva macro do sistema de drenagem em análise e a partir daí, proceder à identificação das zonas mais críticas e nas quais se deve priorizar a intervenção. Por exemplo, a descrição do estado da rede e enumeração dos seus problemas estruturais, através da inspeção visual CCTV, é, sem dúvida, um procedimento importante que visa a redução das afluências indevidas e melhoramento do estado do sistema de drenagem. No entanto, este procedimento, se for utilizado de uma forma exclusiva, apenas permite a identificação dos problemas estruturais específicos da rede e, do ponto de vista estratégico da atuação de uma entidade gestora, deve ser realizada previamente a quantificação das afluências indevidas, localizando os pontos da rede onde as mesmas estão a aparecer de uma forma mais consistente e desta forma, delinear as metodologias prioritárias para determinar as causas nestes pontos e definir medidas para minorar o seu impacto.

3.2 Zonas de medição e controlo

Num sistema de abastecimento de água ou de saneamento de águas residuais urbanas, a localização apropriada dos seus equipamentos para medição do caudal e da precipitação revela-se essencial visto que estas medições e o seu respetivo controlo constituem um procedimento que não só apresenta disposições legais e requisitos contratuais aplicáveis, mas também permite obter informação acerca do cumprimento de objetivos de exploração e gestão definidos para o sistema em causa.

As campanhas de monitorização de caudais, com recurso a sistemas de medição permanentes ou temporários, devidamente localizados numa ou mais secções dos sistemas de drenagem, permite quantificar a totalidade das afluências a esse local. Em Portugal, onde há predominância de sistemas separativos, é recomendável que estas medições sejam executadas simultaneamente nas redes doméstica

e pluvial. Relativamente à medição da precipitação, deve ser realizada durante todo o período em que se efetua a monitorização de caudais. Tendo em conta o controlo das afluentes indevidas, também se torna pertinente a monitorização simultânea dos níveis freáticos e a utilização de um sistema de registo contínuo digital e a sincronização dos relógios de todos estes equipamentos de medição. [22]

Posto isto, considera-se que a caracterização do desempenho funcional de uma rede de drenagem pode ser determinada pela medição de parâmetros como: [22]

- Variáveis hidráulicas como o caudal, nível e velocidade do escoamento;
- Precipitação, para avaliar as afluentes pluviais à rede;
- Variáveis de qualidade da água, efetuada com equipamentos instalados no local ou através de amostragem e trabalho analítico laboratorial;
- Características físicas para localização ou avaliação da condição da infraestrutura como, por exemplo, a espessura do material;
- Levantamentos para complemento da informação cadastral como, por exemplo, cotas topográficas.

Nos seguintes subcapítulos, abordam-se apenas as situações típicas de utilização de sistemas de medição no âmbito do diagnóstico de afluentes indevidas.

Com vista à reabilitação de uma rede de drenagem, na presença de um sistema de medição permanente, por norma é apenas necessário proceder a algumas medições complementares. Porém, os sistemas de medição permanente são, muitas vezes, limitados ou inexistentes e como tal, torna-se necessário recorrer a campanhas de medição de curta duração. Na verdade, neste tipo de campanhas, se o objetivo passar pela modelação matemática da rede, para além da medição das características hidráulicas da rede, é também medida, em simultâneo, a precipitação. [22]

A legislação nacional, designadamente, o Decreto Regulamentar n.º 23 /95 de 23 de agosto, estabelece que devem ser previstas disposições construtivas para medição e registo de caudais nos locais à entrada das estações de tratamento, na descarga final no meio recetor, nas estações elevatórias, imediatamente a jusante de zonas ou instalações industriais e em pontos estratégicos da rede de coletores (Art.º 186). Contudo, apesar de decretado, estas condições não se verificam em muitos dos sistemas existentes. [40]

Os medidores de caudal são instrumentos que permitem realizar a medição do caudal que afluí numa rede de drenagem. Para além de medir caudal instantâneo, os medidores de caudal, regra geral, fazem a integração temporal dos valores medidos dessa grandeza, ou seja, podem também medir o volume de líquido escoado, função que é vulgarmente designada por contagem. Os medidores de caudal mais utilizados em escoamentos sobre pressão são: eletromagnéticos, ultrassónicos e deprimogéneos. [40]

Nos sistemas de saneamento de águas residuais urbanas, de modo a cumprir as disposições legais, a distribuição e instalação do sistema de medição na rede, nomeadamente, dos medidores de caudal, tem de se apresentar conforme o esquema representado na Figura 3.10.

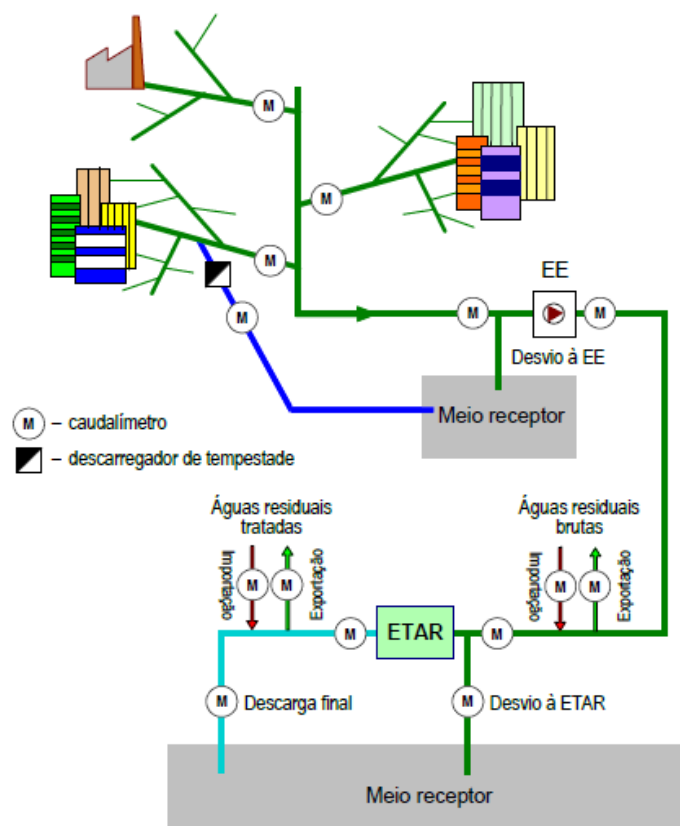


Figura 3.10 Localização típica de medidores de caudal em sistemas de saneamento de águas residuais. [40]

Importa mencionar que, para além destes locais apresentados na Figura 3.10, a legislação também refere que os sistemas de medição podem ser colocados em pontos estratégicos da rede de coletores que possibilitem a conveniente monitorização desta. Na verdade, esses pontos não se encontram definidos, nem são especificados os objetivos das medições de caudal que neles são realizadas, presumindo-se, no entanto, que estas se destinem a monitorizar adequadamente a rede de coletores.

Quanto aos períodos de medição destes sistemas, dependendo do objetivo, estes deverão ser realizados com vista a garantir a obtenção de diferentes cenários: tempo seco e ocorrência de precipitação. De facto, as medições, também deverão ser representativas das situações que se pretenda estudar, ou seja, caso se pretenda estudar o padrão de caudais em tempo seco, recomenda-se um período de medição mínimo contínuo sem precipitação de 15 dias. Por outro lado, caso se pretenda caracterizar o perfil dos caudais em resposta à ocorrência de precipitações, é recomendável monitorizar um mínimo de 5 eventos com características diferenciadas. Salienta-se que, para estudos de modelação matemática, sugere-se que este número seja superior. Em qualquer destes exemplos, deve ser efetuada, simultaneamente, a medição da precipitação. [40], [41]

Posto isto, a seleção das zonas de medição e de controlo do caudal variam consoante o método e o tipo de equipamento utilizado e pode ser separado em duas fases. Inicialmente, estabelece-se que tipo de informação pretende-se obter e define-se os locais onde genericamente são colocados os medidores. Seguidamente, numa segunda fase e se houver necessidade, avalia-se a colocação dos equipamentos de medição em locais mais específicos.

Deste modo, são propostos quatro níveis de abordagem para a definição da densidade ou número de locais de medição de caudal: [22]

- 1) A medição é realizada apenas a jusante dos coletores principais;
- 2) A medição é realizada como no ponto **1)** e adiciona-se medidores imediatamente a montante dos locais onde a exatidão é importante;
- 3) A medição é realizada como no ponto **2)** e adiciona-se medidores em pontos distribuídos por toda a rede de coletores;
- 4) A medição é realizada como no ponto **3)** mas com maior número de locais.

A Figura 3.11 mostra uma representação esquemática que aborda os diferentes níveis acima referidos.

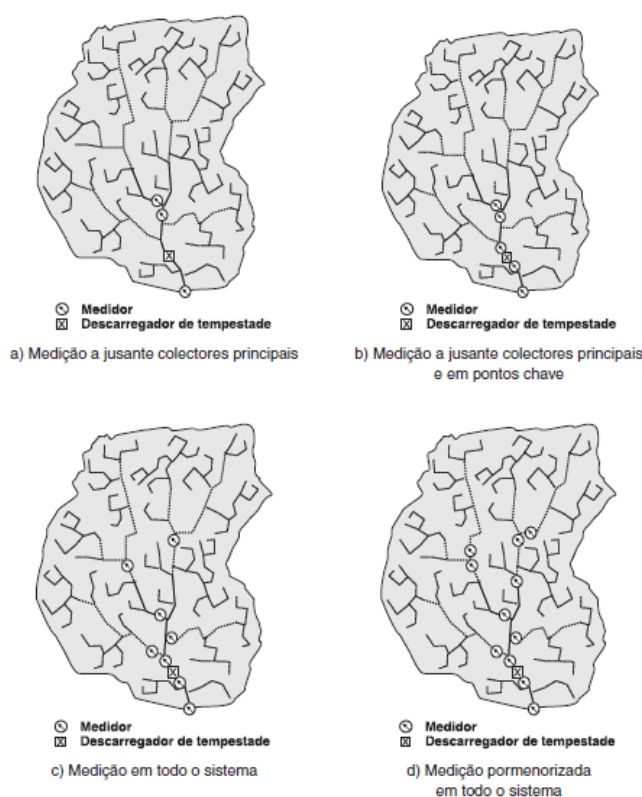


Figura 3.11 Exemplo de localização de medidores de caudal para diferentes níveis de densidade de pontos de medição [22]

A localização genérica dos medidores é baseada em pressupostos de avaliação do desempenho global de um sistema de drenagem. Por outras palavras, os locais onde são colocados estes medidores têm um objetivo, designadamente,

- No coletor de jusante do sistema permite avaliar o comportamento do sistema e das medições a montante;
- Nos coletores de jusante das sub-bacias principais possibilita a quantificação da contribuição de cada subárea;
- Ao longo dos coletores principais visa certificar e despistar problemas como descargas para fora do sistema, infiltração ou exfiltração, inundações;

- A montante e a jusante de descarregadores de tempestade, de coletores de descarga, de bifurcações, zonas de rede emalhada, para controlar as afluências entre outros problemas;
- Como apoio a outros medidores sempre que existirem problemas específicos num determinado local. [22]

A seguinte Figura 3.12 exhibe alguns dos locais onde são colocados os medidores de caudal.



Figura 3.12 Exemplos de instalações de medição de caudal. [22]

Todavia, a seleção destes locais de medição e de instalação têm de cumprir alguns requisitos de modo a apresentarem resultados fiáveis e com a maior precisão possível. Assim, apresentam-se seguidamente alguns das principais normas que devem ser tidas em conta aquando da colocação dos medidores: [40]

- A instalação dos equipamentos deve cumprir o estipulado nas especificações do fabricante, especialmente em condições hidráulicas (por exemplo, em condições próximas do regime uniforme);
- As zonas de medição devem ser uniformes, ou seja, as características geométricas e do escoamento, quer na secção de medição, quer para montante, devem ser semelhantes e adequadas ao método e equipamento de medição selecionados;
- Em alguns casos, antes da seleção e colocação dos medidores, recomenda-se a realização prévia de uma inspeção CCTV, bem como a limpeza do troço;
- Devem ser evitados locais com inclinações elevadas, onde poderão ocorrer velocidades elevadas ou turbulência significativa, e com inclinações muito baixas pois poderão propiciar condições para a acumulação de sedimentos;
- Evitar a colocação em locais haja instabilidade da superfície do escoamento para a gama de caudais afluentes;
- Instituir um plano de manutenção dos medidores que inclua a limpeza regular dos diferentes sensores e a confirmação das grandezas medidas;
- As escolhas das zonas de medição devem ter em conta as condições mínimas de segurança que permitam efetuar as tarefas de instalação, manutenção e desmontagem.

Para além da medição do caudal, a medição da pluviosidade é, igualmente, um parâmetro essencial no estudo das afluições indevidas a uma rede de drenagem.

O udómetro, também designado por sensor da precipitação ou pluviómetro, é um instrumento destinado a medir a precipitação acumulada num intervalo de tempo pré-estabelecido. Consiste num funil com área de 200 cm² de abertura que recolhe a precipitação e a encaminha para um sistema de báscula constituído por haste apoiada no seu centro, formando uma espécie de balanceiro. Quando a quantidade de água da precipitação acumulada numa das básculas ou concha atinge 0,1mm, o peso desta quantidade de água aciona o mecanismo fechando um circuito (contacto – magnético) despejando a água e ficando preparada a outra báscula ou concha para receber nova quantidade de água. Os pulsos produzidos são registados pelo sistema de aquisição de dados para reportar a quantidade de água acumulada no período pré-estabelecido, que nas redes do Instituto Português do Mar e Atmosfera (IPMA) é de 10 minutos.[42]

Os udómetros utilizados nas redes do IPMA, embora de marcas diferentes, na rede nacional de estações meteorológicas automática e na rede urbana de estações meteorológicas automáticas, têm o mesmo princípio de funcionamento. Um exemplo deste dispositivo encontra-se representado na Figura 3.13. [42]



Figura 3.13 Udómetro. [42]

De salientar que, numa fase de verificação dos dados, é recomendável dispor de informação sobre a precipitação diária registada em postos da rede udométrica nacional.

A localização e instalação de uma rede de udómetros deve ser realizada por etapas. Numa primeira fase, deve-se estabelecer a densidade de aparelhos por unidade de área e, numa segunda fase, definir a localização de cada udómetro. A densidade de aparelhos de medição da precipitação por unidade de área deve ter em consideração os seguintes aspetos: [22]

- Área da bacia ou área em estudo, complexidade e topografia;
- Redundância da medição, devem ser sempre instalados no mínimo 3 udómetros, independentemente da área em estudo.

Existem, ainda, algumas precauções que devem ser tidas em conta ao nível da instalação e de manutenção de um udómetro, como: [22]

- A instalação deve ser realizada de preferência em terreno plano, a uma altura de referência de 1 metro do solo (cone de receção) e com afastamento dos obstáculos próximos de pelo menos 4 vezes a sua altura;
- Privilegiar locais de acesso restrito e com exposição reduzida a atos de vandalismo. Prevenir interferências como exposição a sistemas de rega por aspersão;
- Evitar locais com correntes concentradas de vento, zonas de turbulência e grandes velocidades, sendo que não são recomendáveis instalações com elevada altura;
- Fixação estável do aparelho, de preferência em betão, com a base do cone horizontal (nivelada);
- Limpeza periódica do aparelho para evitar a acumulação de detritos (e.g., folha, dejetos de aves, etc.).

Em suma, as zonas de medição definidas para a instalação dos udómetros devem ter em conta o seu raio de influência, a segurança do aparelho, a obtenção de autorizações, as regras de boa instalação do equipamento e outras condicionantes locais.

3.3 Indicadores de Desempenho

Atualmente, a avaliação do desempenho é vista como uma ferramenta de extrema importância nos mais variados setores de uma sociedade. Esta avaliação tem uma aplicação vasta e permite, sobretudo, uma gestão sustentável dos recursos existentes, quer sejam naturais quer sejam económico-financeiros. Na verdade, tornou-se recorrente encontrar avaliações de desempenho nos relatórios anuais de empresas que operam em diferentes campos de atividade, sendo que os métodos e critérios utilizados variam conforme o âmbito da sua aplicação.

A avaliação do desempenho concebe uma análise integrada e sistemática de uma determinada atividade. Desta forma, permite que se obtenha um melhor controlo, compreensão e melhoria dessas atividades, apoiando as tomadas de decisão sobre ações corretivas ou de melhorias a realizar. (Cardoso 2008)

Os indicadores de desempenho (ID) são utilizados na avaliação do desempenho com vista a expressar, de uma forma quantitativa ou qualitativa, como é que um determinado produto ou serviço cumpre os objetivos ou requisitos definidos.

Segundo Alegre et al. 2006, um indicador de desempenho é o valor decorrente da combinação de várias variáveis, através de uma regra de processamento (por norma, uma razão entre variáveis), expressa em unidades específicas, e o grau de confiança que indica a qualidade dos dados representados por esse indicador. Considera-se que os indicadores de desempenho são medidos através da eficiência e da eficácia de um serviço, prestado por uma entidade, sendo a informação por eles fornecida resultado da comparação com um valor objetivo, com valores do mesmo indicador ao longo do tempo ou com valores de outras entidades.

No que diz respeito às entidades gestoras das redes de drenagem, a avaliação do desempenho pode ser vista sob três perspetivas: [5]

- Implementação de sistemas de gestão da qualidade;
- Utilização de instrumentos de apoio à gestão;
- Utilização mais eficaz da tecnologia existente, particularmente utilizando instrumentos de apoio à engenharia.

Desta forma, a avaliação do desempenho baseia-se na definição de indicadores de desempenho específicos, abrangendo as variáveis de um processo ou relações entre elas, que devem estar associadas a um determinado objetivo a ser cumprido. Os ID podem ser expressos por:

- Unidade de medida, que é representativo do que foi medido (o quê);
- Número, que é representativo da magnitude (quanto).

Os IDs podem ser divididos em três categorias: **simples** quando representados por unidades dimensionais simples (por exemplo, horas e metros); **multidimensionais** quando expressos por combinações de variáveis, como razões ou quocientes entre variáveis, com unidades distintas (por exemplo, euro/km); e **adimensionais** ou dados por percentagens, quando correspondem à razão entre variáveis da mesma unidade. [5]

A definição dos IDs deve cumprir um conjunto de requisitos, sendo que cada ID é único. Deste modo, a complementaridade de todos IDs deve representar os aspetos relevantes do desempenho da entidade gestora de águas residuais, de forma fidedigna, refletindo a sua atividade de gestão. Do mesmo modo, a formulação dos IDs deve ter em conta as diferentes características e fases de desenvolvimento de uma entidade gestora. Adicionalmente, é necessário que sejam claramente definidos, com um significado conciso e uma interpretação única para cada indicador, de fácil compreensão mesmo para não especialistas, facilmente verificáveis, autoexplicativos e relacionados com áreas e períodos de tempo bem definidos. [41]

Juntamente com os IDs, a interpretação do desempenho de uma entidade gestora carece de uma avaliação do contexto em que opera, assim como as características mais relevantes do sistema e da região. Assim, a International Water Association (IWA), considera que os IDs devem ser apoiados por informação de contexto (IC) sob a forma de perfis para: a entidade gestora; os sistemas geridos; e o contexto geográfico no qual a entidade gestora opera. [41]

A Figura 3.14 representa, esquematicamente, a forma como uma entidade gestora de um sistema de águas residuais estrutura os ICs e os IDs.

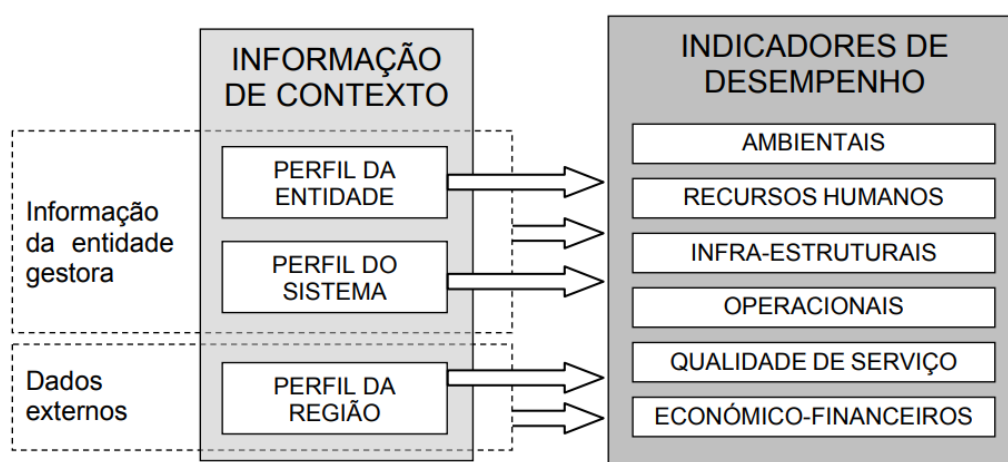


Figura 3.14 Estrutura da IC e dos IDs para águas residuais. [41]

O sistema de indicadores encontra-se dividido em seis grupos, de forma a cobrir todos os aspetos relevantes do desempenho destas entidades gestoras: indicadores de recursos hídricos, de recursos humanos, infraestruturais, operacionais, de qualidade de serviço e financeiros. Na verdade, estes grupos

albergam um total de 133 indicadores. Para implementar o sistema de indicadores, as entidades gestoras devem realizar um processo de seleção dos indicadores de desempenho e da informação de contexto que sejam particularmente relevantes para a sua avaliação do desempenho, de acordo com os objetivos estabelecidos. Ou seja, as entidades gestoras não necessitam de utilizar todos os indicadores propostos, em simultâneo. Importa mencionar que a interpretação do desempenho de uma entidade gestora não pode ser feita sem se ter em consideração o seu contexto próprio, bem como as características mais relevantes do sistema e da região em causa, sendo que estes parâmetros devem ser também definidos através da informação de contexto. [5]

Nas redes de drenagem de águas residuais, o perfil do sistema é caracterizado, sobretudo, pelos volumes de águas residuais geridas, infraestruturas físicas, meios tecnológicos utilizados para fornecer os serviços e nos aspetos demográficos dos clientes. [41]

Os indicadores de desempenho específicos das afluentes indevidas baseiam-se na monitorização de caudais e de precipitação com vista a avaliar quantitativamente a dimensão do problema e da causa predominante. Desta forma, procede-se ao cálculo estatístico de series de medição de caudal em cada ponto de medição, diferenciando os períodos com ocorrência de precipitação e os períodos de tempo seco. Para cada ponto de medição e para todos os dias de registo devem ser obtidos os seguintes caudais (Almeida e Cardoso 2010):

- $Q_{\min d}$ – Caudal mínimo diário (m^3/d)
- $Q_{\text{med } d}$ – Caudal médio diário (m^3/d)
- $Q_{\max d}$ – Caudal máximo diário (m^3/d)

Para cada um destes valores de caudal supramencionados, devem ser calculadas as respetivas médias e quartis para toda a série de observações e para os dias de tempo seco para conferir se existem diferenças significativas para os caudais mínimos, máximos e médios. A interpretação das diferenças deve ter em conta condições locais que possam ser determinantes no comportamento em estudo, por exemplo, as características do solo e a variação da população flutuante. [5]

Os dois subcapítulos seguintes apresentam os indicadores de desempenho utilizados para avaliar a infiltração e as afluentes indevidas de origem pluvial.

3.3.1 INFILTRAÇÃO

O Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) propôs os seguintes indicadores de desempenho técnico adequados para avaliar o impacto da infiltração no desempenho dos sistemas separativos domésticos ou unitários: [5]

- $\frac{Q_{inf}}{Q_{sc}}$ (%) – *Utilização da capacidade da secção cheia*

Definição: Este indicador está sobretudo relacionado com a vertente hidráulica da rede e permite aferir qual a percentagem do caudal de infiltração (Q_{inf}) relativamente ao valor do caudal de secção cheia do coletor (Q_{sc}), que representa a sua capacidade. Isto é, permite avaliar a percentagem da capacidade do coletor que é utilizada pelo caudal de infiltração. Este valor pode ser obtido elementarmente (num coletor), sectorialmente (num subsistema) ou globalmente (no coletor de jusante do sistema).

Dados: Caudal de infiltração, através de medições ou estimativas, e capacidade do coletor a avaliar, através da topologia do sistema e da geometria e do material do coletor.

Informação adicional: “Este indicador não entra em conta com nenhuma das origens possíveis da infiltração acima referidas. Fornece informação sobre o desempenho hidráulico, dando um valor relativo à capacidade do coletor em análise, mas não traduzindo qualquer informação sobre a quantidade absoluta de infiltração ocorrida. Por exemplo, ao longo de um troço de rede, com três coletores sucessivos de capacidade crescente, o valor absoluto da infiltração mantinha-se, não havendo acréscimo de infiltração ao longo de todo o troço. Este indicador tomava os valores de 60%, 30% e 10% em cada coletor de montante para jusante, significando que a capacidade de cada coletor era ocupada naquela percentagem, respetivamente, por caudal de infiltração. No entanto, o valor real da infiltração era o mesmo nos três coletores.”[5]

- $\frac{Q_{inf}}{Q_{mts}}$ (%) – **Proporção do caudal de tempo seco**

Definição: Este indicador indica qual é a percentagem do caudal de infiltração (Q_{inf}) relativamente ao valor do caudal médio em tempo seco (Q_{mts}). Dito de outro modo, permite avaliar o peso do caudal de infiltração relativamente ao caudal médio em tempo seco transportado na rede. Caso este indicador seja aplicado ao caudal que chega à ETAR, pode ainda acrescentar informação acerca dos consequentes encargos financeiros no tratamento do caudal excedentário. Assim, este indicador está relacionado não só com o ponto de vista hidráulico como também com os impactos económicos, relativos ao transporte (bombagem) e tratamento. Este valor pode ser obtido de uma forma elementar (coletor), sectorial (no coletor de jusante do subsistema) e global (no coletor de jusante do sistema).

Dados: Caudal de infiltração e o caudal médio de tempo seco escoado pelo coletor a avaliar, dados obtidos através de medições ou por estimativa. O caudal médio de tempo seco obtido deve ser a melhor estimativa possível em condições de tempo seco. Nos casos em que a infiltração seja significativa, pode deduzir-se ao caudal médio de tempo seco, o caudal de infiltração. [5]

Informação adicional: “Este indicador tem o inconveniente de ser dependente da influência do caudal médio diário de tempo seco. Por exemplo, num troço de coletor de 1 km com 1000 mm de diâmetro, um caudal de infiltração de 50 m³/dia é considerado um valor baixo segundo o Decreto Regulamentar 23/95 e corresponderia a 0,5% num sistema que transportasse um caudal médio diário de tempo seco de 8640 m³/dia e a 1,2% noutro sistema que transportasse um caudal médio diário de tempo seco de 4320 m³/dia. “[5]

- $\frac{Q_{inf}}{C_{visita}}$ (m³/s) – **Caudal unitário por câmara de visita**

Definição: Este indicador permite aferir qual é o caudal médio de infiltração (Q_{inf}) por câmara de visita do sistema, sendo C_{visita} o número de câmaras de visita que contribuem para o caudal de infiltração. Este indicador está principalmente relacionado com o ponto de vista estrutural da rede. Este valor pode ser obtido sectorialmente (num subsistema) ou globalmente (no coletor de jusante do sistema).

Dados: Caudal de infiltração, através de medições ou estimativas e o número de câmaras de visita que contribuem para a avaliação em causa.

Informação adicional: “Como foi anteriormente referido, as câmaras de visita são possíveis origens de infiltração. Assim, para avaliar a influência do número de câmaras de visita no caudal de infiltração, este valor deve ser determinado em troços de igual comprimento, de forma a que a influência do comprimento do coletor, outra origem de infiltração, não se sobreponha com a das câmaras de visita.

No entanto, este indicador não entra em conta com a influência da infiltração ao longo do coletor, nem nas ligações domésticas. Neste caso, é necessário conhecer o número de caixas de visita que contribuem para a avaliação em causa, o que pode condicionar a aplicação deste indicador. Em sistemas onde a origem da infiltração ocorra com predominância nas câmaras de visita, este pode ser um indicador importante para avaliar os benefícios de reabilitação.”[5]

- $\frac{Q_{inf}}{L_{Coletor}} (m^3/s/km) - \text{Caudal unitário por comprimento do coletor}$

Definição: Este indicador permite analisar a rede do ponto de vista estrutural, apontando qual é o caudal médio de infiltração (Q_{inf}) que ocorre por km do comprimento do coletor ($L_{coletor}$). Este valor pode ser obtido de uma forma elementar (coletor), sectorial (no coletor de jusante do subsistema) e global (no coletor de jusante do sistema).

Dados: Caudal de infiltração, através de medições ou estimativas, e o comprimento total dos coletores que contribuem para a avaliação em causa.

Informação adicional: “Este indicador não tem em conta a influência da infiltração nas câmaras de visita, nem nas ligações domésticas. Neste caso, é necessário conhecer o comprimento total dos coletores que contribuem para a avaliação em causa, o que pode condicionar a sua aplicação; no entanto, em sistemas onde a infiltração ocorra predominantemente ao longo do coletor pode ser um indicador importante para avaliar os benefícios de reabilitação.”[5]

- $\frac{Q_{inf}}{L_{Coletor} \times P} (m^3/s/(cm.km)) - \text{Caudal unitário por área de parede do coletor}$

Definição: Este indicador foca-se principalmente na vertente estrutural da rede e indica qual é o caudal médio de infiltração (Q_{inf}) por unidade de área de parede do coletor. Desta forma, relaciona-se com superfície da parede do coletor potencialmente sujeita a infiltração, que pode ser considerada a área de parede abaixo do nível freático, se conhecida, ou a área total de parede. A área de parede é calculada através do somatório, para todos os coletores do sistema que contribuem para a infiltração obtida, do produto do perímetro do coletor pelo seu comprimento ($L_{coletor} \times P$). Este valor pode ser obtido elementarmente (num coletor), sectorialmente (num subsistema) ou globalmente (no coletor de jusante do sistema).

Dados: Caudal de infiltração, através de medições ou estimativas, a forma e as dimensões da secção transversal, e o comprimento de todos os coletores que contribuem para a avaliação em causa.

Informação adicional: “Neste caso, é necessário conhecer o valor total da área longitudinal dos coletores que contribuem para a avaliação em causa, o que pode condicionar a aplicação deste indicador; no entanto, em sistemas onde a infiltração ocorra predominantemente ao longo do coletor, pode ser um indicador importante para avaliar os benefícios de reabilitação.”[5]

- $\frac{Q_{inf}}{ramais_{domésticos}} (m^3/dia) - \text{Caudal unitário de infiltração por ramal doméstico}$

Definição: Este indicador indica qual o caudal médio de infiltração (Q_{inf}) por ramal doméstico, sendo $ramais_{domésticos}$ o número de ramais domésticos que contribuem para o caudal de infiltração. Este indicador está principalmente relacionado com o ponto de vista estrutural.

Dados: Caudal de infiltração, através de medições ou estimativas e o número de ramais domésticos que contribuem para a avaliação em causa.

Informação adicional: *“as ligações dos ramais domésticos ao sistema de drenagem são uma origem possível de infiltração, que pode ter contribuições significativas para a infiltração nos sistemas. Por este motivo, nos casos em que a infiltração tenha uma contribuição importante desta origem, pode avaliar-se a influência do número de ramais domésticos no caudal de infiltração, através deste indicador. Este valor deve ser determinado em troços de igual comprimento, de forma a que a influência do comprimento do coletor, outra origem de infiltração, não se sobreponha à dos ramais domésticos. No entanto, este indicador não entra em conta com a influência da infiltração ao longo do coletor, nem nas câmaras de visita, assumindo que provém totalmente dos ramais de ligação.”*[5]

3.3.2 LIGAÇÕES INDEVIDAS À REDE DOMÉSTICA

De modo a avaliar o impacto da entrada indevida de águas pluviais nos sistemas separativos domésticos definiu-se três indicadores de desempenho baseados na razão entre variáveis do sistema, apresentando um paralelismo em relação aos indicadores de infiltração, nos aspetos que são comuns a estes dois problemas de afluências indevidas. As variáveis de estado do sistema consideradas são o caudal pluvial indevido afluente ao sistema separativo doméstico e o caudal médio de tempo seco. Uma vez que estes indicadores dependem da intensidade dos eventos pluviométricos, podem-se adotar períodos de análise mais curtos. Neste âmbito de investigação, são propostos os seguintes indicadores: [5]

- $\frac{Q_{\max \text{ lig}}}{Q_{sc}}$ (%) - *Utilização da capacidade da secção cheia por ligações indevidas*

Definição: Este indicador consiste na percentagem do caudal máximo das ligações indevidas ($Q_{\max \text{ lig}}$) relativamente ao valor do caudal de secção cheia do coletor (Q_{sc}), que corresponde à sua capacidade. Permite avaliar a percentagem da capacidade do coletor que é utilizada pelo caudal proveniente de ligações indevidas, em consequência da ocorrência de precipitação. Este indicador está principalmente relacionado com o ponto de vista hidráulico e não deve ser aplicado ao nível elementar (coletor), visto que as ligações são, em regra, desconhecidas e não estão associadas a cada coletor.

Dados: Capacidade do coletor, a avaliar através da topologia do sistema e da geometria e do material do coletor.

Informação adicional: *“Este indicador fornece informação sobre o desempenho hidráulico, mas não traduz informação sobre a quantidade absoluta do caudal que afluí indevidamente ao sistema.”*[5]

- $\frac{V_{lig}}{V_{mts}}$ (%) - *Proporção do volume de escoamento pluvial relativamente ao de tempo seco*

Definição: Este indicador demonstra qual é a percentagem do volume de água pluvial proveniente das ligações indevidas (V_{lig}) relativamente ao volume médio de águas residuais de tempo seco (V_{mts}), durante o período de referência escolhido. Permite aferir o peso que o volume de água das ligações indevidas tem relativamente ao volume de águas residuais de tempo seco. Caso seja aplicado ao volume que chega à estação de tratamento, fornece informação sobre o peso que as ligações indevidas podem ter nos encargos com o tratamento. Encontra-se principalmente relacionado com o ponto de vista hidráulico com o impacto económico, relativo ao transporte (bombagem) e tratamento. Não deve ser aplicado ao

nível elementar (coletor), uma vez que as ligações são, em regra, desconhecidas e não estão associadas a cada coletor.

Dados: Capacidade do coletor, a avaliar através da topologia do sistema e da geometria e do material do coletor.

Informação adicional: *“Este indicador fornece informação sobre o desempenho hidráulico, mas não traduz informação sobre a quantidade absoluta do caudal que aflui indevidamente ao sistema.”*[5]

- $\frac{V_{lig}}{V_{pu}}$ (%) - **Proporção do volume de escoamento pluvial que indevidamente aflui ao sistema**

Definição: Este indicador indica qual é a percentagem do volume de água pluvial proveniente de ligações indevidas (V_{lig}) relativamente ao volume de precipitação útil caído na bacia (V_{pu}), durante o período de referência escolhido. Relaciona-se com o ponto de vista hidráulico, estrutural e com o impacto económico das redes de drenagem. Não deve ser aplicado ao nível elementar (coletor), uma vez que as ligações são, em regra, desconhecidas e não estão associadas a cada coletor.

Dados: O valor de V_{pu} é calculado considerando o produto $AI_{bacia} \times Pu$, sendo AI_{bacia} (ha) a área impermeável de drenagem pluvial da bacia e Pu (mm) a precipitação útil caída na bacia. Neste caso, é necessário conhecer a área da bacia ou sub-bacia que contribui para a avaliação em causa, o que pode dificultar a aplicação deste indicador, uma vez que se tratam de sistemas separativos domésticos.

Informação adicional: *“Este indicador deve ser calculado para o período do evento. Uma vez que o seu valor depende significativamente da intensidade média dos eventos de precipitação, deve ser obtido um valor médio, correspondendo a vários eventos de diversas intensidades, que representem o regime de precipitações locais.”*[5]

3.3.3 EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Uma vez apresentados os ID utilizados para avaliar as afluências indevidas a uma rede drenagem, apresenta-se, seguidamente, a sua aplicação a um projeto realizado no âmbito da minimização das afluências indevidas numa rede de drenagem separativa doméstica por Machado et al. (2012). Neste projeto foram estabelecidos um conjunto de indicadores de desempenho pré-definidos, quer para a componente de infiltração, quer para as afluências indevidas de origem pluvial, tendo por base a relação entre a infiltração e o caudal mínimo.

Desta forma, apresenta-se a Tabela 3.5, na qual encontram-se expostos os indicadores utilizados neste projeto, calculados com base no caudal mínimo em tempo seco. Para avaliar a priorização das intervenções na rede, utilizou-se uma gama de valores que podia variar entre “Baixa”, “Média” ou “Alta”.

Tabela 3.5 Indicadores de desempenho relativos a afluentes indevidas aplicáveis a sistemas separativos domésticos, calculados com base no caudal mínimo diário em tempo seco [44]

Designação	Indicador	Classificação de prioridade		
Caudal mínimo = f (infiltração)		Baixa	Média	Alta
ID ₁	$\frac{Q_{\min dts}}{Q_{sc}}$ (%)	<25	25-50	> 50
ID ₂	$\frac{Q_{\max dts}}{Q_{sc}}$ (%)	<75	75-100	> 100
ID ₃	$\frac{Q_{\min dts}}{Q_{mts}}$ (%)	<25	25-50	> 50
ID ₄	$\frac{Q_{\max dts}}{Q_{mts}}$ (-)	<3	3-5	> 5
Quando aplicável				
ID ₅	$\frac{Q_{\min dts}}{L_{Coletor}}$ (m³/dia/km)	<40	40-80	> 80
Ligações indevidas de origem pluvial à rede doméstica				
ID ₆	$\frac{Q_{\max tc}}{Q_{sc}}$ (%)	<75	75-100	> 100
ID ₇	$\frac{V_{tc}}{V_{mts}}$ (-)	<3	3-6	> 6
Quando aplicável				
ID ₈	$\frac{V_{tc} - V_{mts}}{V_{pu}}$ (%)	0-1	1-3	> 3

O sistema de indicadores supracitados na Tabela 3.5 é apenas exemplificativo de um projeto realizado no âmbito da minimização de afluentes indevidas numa rede de drenagem separativa doméstica visto que estes indicadores podem variar consoante as características multidimensionais de uma rede.

A implementação dos ID no setor dos serviços de drenagem tanto pode evidenciar melhoria como a deterioração do desempenho global dos sistemas e assim, permitir que se atue de forma preventiva, isto é, adotando medidas corretivas que, atempadamente, previnam a ocorrência dos impactos demonstrados previamente na prestação e qualidade do serviço. De facto, a elaboração dos ID acarreta um volume considerável de dados de base e assim, pode constituir um incentivo a boas práticas de monitorização, de registo e de tratamento de dados, e servir de apoio aos decisores na atribuição de recursos em áreas chave onde seja necessário investir na recolha de dados.

3.4 Programas Desenvolvidos

3.4.1 iAFLUI

A Iniciativa Nacional para o Controlo de Afluentes Indevidas (iAFLUI) foi promovida pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e visa contribuir para a implementação do PENSAAR2020, através da disseminação de uma metodologia para o controlo de afluentes indevidas e a correspondente capacitação das entidades gestoras nacionais.

O iAFLUI destina-se, essencialmente, a Entidades Gestoras (EG) de serviços urbanos de drenagem de água que estejam preocupadas com o controlo de afluências indevidas de caudais pluviais, diretas ou retardadas, e de infiltração, freática ou pluvial retardada. É também aplicável a outras entidades que ainda não tenham iniciado um processo de controlo de afluências indevidas ou já tenham em desenvolvimento algumas atividades neste contexto. Desta forma, esta iniciativa apresenta três objetivos principais:

- Capacitação da equipa da EG com competências em controlo de afluências indevidas;
- Internalização na EG de um processo estruturado para as afluências indevidas;
- Elaboração de diagnóstico e de Plano para Controlo de Afluências Indevidas.

O iAFLUI apresenta o formato de projeto colaborativo em que as entidades participantes realizam o trabalho de desenvolvimento, constituindo uma equipa de projeto de 3 elementos, com a coordenação, formação e apoio técnico do LNEC.

Desta forma, este projeto contou com a participação de 13 EG, expostas na Figura 3.15, com o objetivo principal de aplicar a metodologia a cada caso e desenvolver uma primeira versão do plano de gestão de afluências indevidas na entidade. [45]



Figura 3.15 – Identificação e distribuição regional das EG participantes na iniciativa iAFLUI.

Definidas as entidades participantes no projeto, foi desenvolvida uma metodologia com o objetivo de estabelecer um procedimento padronizado que permita a comparabilidade entre diferentes áreas e a avaliação de desempenho ao longo do tempo, no que se refere às afluências indevidas.

A metodologia proposta baseia-se essencialmente na identificação das causas específicas de cada tipo de afluência e na sua relevância, quer para o sistema como um todo, quer para cada setor do sistema. Assim, procura-se assegurar a coordenação entre os níveis de decisão da entidade gestora e as suas áreas operacionais para garantir a eficácia das ações e um processo de melhoria contínua.

Para que esta metodologia fosse compatível com todas as particularidades dos sistemas geridos pelas entidades, foram estabelecidos os seguintes objetivos metodológicos principais:

- Considerar que a gestão patrimonial de infraestruturas depende de três níveis de decisão, sendo eles: estratégico, tático e operacional. Em cada nível, deve-se determinar onde se deve atuar prioritariamente (*onde atuar*) e após este processo, devem ser enumeradas as soluções para cada uma das situações diagnosticadas (*o que fazer*) e com isso, planejar ações (*quando fazer*);
- Simbiose entre departamentos da EG de modo a garantir a incorporação das ações previstas nas atividades do dia-a-dia da organização. Este tipo de ações tem como objetivo promover não só o aumento da eficácia da atuação como também a internalização do controlo de afluentes indevidos na organização;
- Estudo exaustivo e estruturado das características da área servida, incluindo as interações entre sistemas de água e meios recetores, a várias escalas de análise e subsistemas (global e setorial para cada sistema);
- Envolvimento vários agentes afetos à área servida pela EG, incluindo gestores de serviços públicos, municípios e população local, visando uma maior proximidade destes com a problemática das afluentes indevidas e assim permitir a formulação e implementação de soluções mais efetivas;
- Desenvolvimento de um plano para controlo de afluentes indevidas articulado estritamente com os outros instrumentos de gestão da organização. [45]

Esta metodologia aplicada nas entidades foi desenvolvida e implementada consoante as abordagens propostas que foram sendo validadas e consolidadas pelas entidades participantes, através de diferentes métodos e processos como votações, brainstorming, pesquisas, entre outros.

Posto isto, apresenta-se, na Figura 3.16, uma síntese do faseamento da iAFLUI, que demonstra o encadeamento das atividades desenvolvidas.

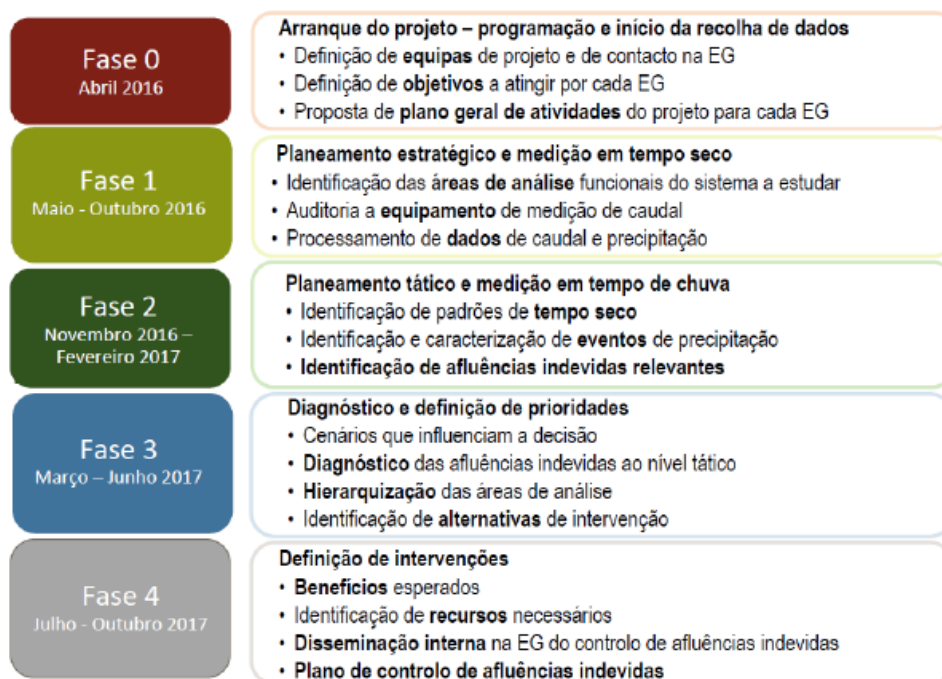


Figura 3.16 Estruturação do projeto iAFLUI, por fases. [45]

No final da **Fase 4** do projeto, verificou-se que todas as EG aplicaram a metodologia para controlo de afluentes indevidas proposta. No final do projeto, as EG terão acompanhado 140h de formação, a

maioria presencial e parte via conferência web. Foram implementados 10 seminários internos, essenciais para a disseminação da metodologia iAFLUI nas organizações. O LNEC efetuou 13 auditorias a sistemas de medição de caudal, na área de atendimento das EG, e produziu 95 documentos, entre *templates*, relatórios, aplicações e ficheiros de cálculo. O fluxo de documentos entre o LNEC e as EG foi assegurado através de uma plataforma *online* de gestão de projetos. [45]

As principais questões que os participantes destacaram como tendo sido ultrapassadas com a implementação do projeto foram o desenvolvimento de uma perspetiva global do sistema, sob o ponto de vista estratégico, e a distinção clara dos diferentes tipos de afluentes, tanto ao nível dos sintomas como das causas e mecanismos. Do mesmo modo, permitiu às EG estruturar a avaliação de desempenho em objetivos, critérios e métricas, com compreensão clara do que traduz cada um destes componentes. Por fim, também permitiu o reconhecimento dos impactos destas afluentes no desempenho dos sistemas, e a identificação dos vários tipos de inter-relações entre os vários sistemas do ciclo urbano da água. [45]

3.4.2 STORM WATER MANAGEMENT MODEL (SWMM)

O *Storm Water Management Model* (SWMM) é um *software* de acesso livre que permite a modelação de sistemas de drenagem pluvial urbana, produzido pela EPA. Contudo, também é utilizado em situações de drenagem de águas residuais domésticas e industriais, ou em situações em que estas se combinam. [46]

Este *software* não foi desenvolvido, exclusivamente, para o tratamento e controlo de afluentes indevidas. No entanto, as suas múltiplas funcionalidades fornecem de suporte à decisão visando a gestão efetiva dos sistemas de drenagem urbana, onde se inclui esta problemática.

Para tal, o SWMM implementa um modelo dinâmico de precipitação-escoamento, no qual pode ser simulado o comportamento de redes de drenagem na presença de eventos pluviométricos. Ao longo desta simulação, podem ser obtidas informações relativas tanto à quantidade como à qualidade do escoamento, sobretudo, em zonas urbanas. [46]

O modelo conceptual do SWMM acompanha as várias fases que a água atravessa desde a sua precipitação e ao longo do seu escoamento. Desta forma, permite representar um evento pluviométrico num determinado local e, através das características do solo das sub-bacias drenantes e recorrendo a métodos de infiltração, determinar que quantidade de água foi infiltrada nessas mesmas sub-bacias e que quantidade foi transformada em escoamento superficial. De referir que, as sub-bacias drenantes são caracterizadas por: área, largura, declive, percentagem de impermeabilidade, depressões de armazenamento e propriedades do solo. As sub-bacias podem ainda ser divididas em usos do solo específicos. Ao nível da água transportada pelo escoamento superficial através de uma rede de canais e coletoras, é utilizada a equação de *Manning* e utilizada para descrever a relação entre o caudal que passa nas condutas, a secção transversal, o raio hidráulico e o declive das mesmas. [46]

Por outro lado, também pode ser modelada a poluição gerada pelo evento pluvioso recorrendo a concentração de poluentes e funções de propagação dos mesmos, definidas para cada tipo de uso do solo. Este tipo de informação pode ser útil para a aplicação do Método das Series Temporais Poluentes, desenvolvido no Projeto APUUS, mencionado anteriormente.

Em jeito de conclusão, o SWMM pode fornecer variadas informações com relevância para o combate às afluentes indevidas pois permite conhecer a evolução dos níveis de água e de qualidade da mesma

em cada sub-bacia, assim como o caudal, a altura de escoamento e a qualidade da água em cada coletor e canal, durante um período de simulação composto por múltiplos intervalos de tempo.

3.5 Custos de intervenção e controlo

Como já foi referido anteriormente, as afluentes indevidas promovem impactos em diferentes setores dos sistemas de drenagem. De todos os impactos referidos, neste subcapítulo serão abordados os impactos económicos e os respetivos custos que as entidades, responsáveis pela gestão da rede, devem ter em conta aquando da presença destas afluentes.

De uma perspetiva superficial, pode-se afirmar que os custos associados às afluentes indevidas, estão, claramente, relacionados com o desgaste e/ou a desintegração da condição estrutural dos coletores ou dos ramais. Deste modo, a reabilitação e melhoria estrutural da rede afigura-se como uma medida de intervenção prioritária. O custo desta intervenção dependerá da análise custo-benefício realizada.

Para além dos custos de intervenção, também existem os custos resultantes do aumento do caudal nas redes causado pelas afluentes. Efetivamente, nestes casos verifica-se que, por exemplo, as estações elevatórias necessitam de mais energia para elevar o caudal e as ETAR precisam de mais produtos de tratamento e de mais energia para promover todo o processo cuja eficiência pode ficar reduzida com as variações do caudal afluente.

Tendo em conta a complexidade das afluentes indevidas, atualmente considera-se que é praticamente impossível a conceção de um sistema de drenagem que, mais tarde ou mais cedo, não apresente esta problemática. Assim, a monitorização do sistema deve ser feita de forma planeada, através do estabelecimento de planos de operação e de manutenção, sendo necessário o conhecimento detalhado do sistema. A gestão dos sistemas pode ser realizada da seguinte forma: [22]

- **Preventiva** ou **pró-ativa** – intervenção nos sistemas baseada em alterações do seu desempenho que denunciam a necessidade de intervenções ou reparações, ou em ações periódicas calendarizadas (por exemplo as inspeções ao sistema, limpezas ou lubrificação de equipamentos), prevenindo a ocorrência de avarias. Esta forma deve ser considerada quando as consequências de uma avaria podem ser graves.
- **Corretiva** ou **reativa** – resolução dos problemas de funcionamento dos sistemas logo após a sua identificação ou ocorrência. Esta forma deve ser considerada em partes ou componentes do sistema cujas consequências de avaria não são graves. A manutenção de emergência, incluída na corretiva, corresponde a uma intervenção após uma ocorrência grave, exigindo, em regra, uma atuação rápida.

Se a gestão das redes de drenagem for realizada corretamente, torna-se possível não só reduzir ao máximo as infiltrações como também minorar o seu impacto financeiro nas entidades gestoras. Assim, os métodos de identificação e quantificação supracitados apresentam-se como uma ferramenta de análise do custo inerente às afluentes indevidas às redes de drenagem pois dependendo do tipo da infiltração, sendo direta ou indireta, corresponde um plano de intervenção e manutenção distinto.

Com o objetivo de conceber uma estratégia de otimização de investimento e redução de custo nesta área, o projeto denominado de *“The Great Dublin Strategic Drainage Study”* publicou, no seu relatório final, o gráfico, representado na Figura 3.17 acerca da otimização do custo associado à redução da infiltração numa rede de drenagem.

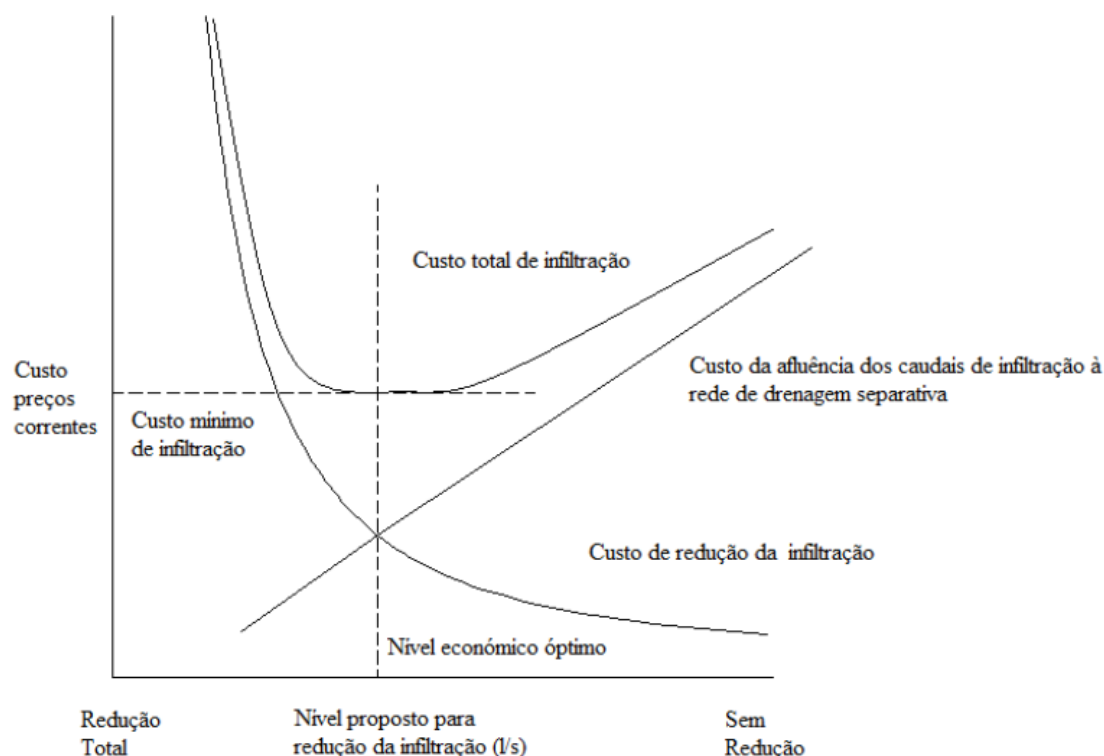


Figura 3.17 Representação gráfica da otimização do custo associado à redução da infiltração numa rede de drenagem. [30]

O gráfico descreve a relação entre o custo em função do nível proposto para a redução da infiltração. Na verdade, à medida que se avança no eixo das abcissas, em direção ao nível *Sem Redução*, o valor do *custo da afluência dos caudais de infiltração à rede de drenagem separativa* aumenta. No sentido contrário, verifica-se que, caminhando para a *Redução Total*, tem como consequência a diminuição do *custo das afluências dos caudais de infiltração à rede de drenagem separativa*. Relativamente à curva do *custo de redução da infiltração*, observa-se que, a tentativa de reduzir a infiltração para valores próximos de zero conduziria a um *custo de redução de infiltração* bastante elevado. Por fim, observa-se a curva do *custo total de infiltração* que surge como a soma entre as duas curvas mencionadas anteriormente. O valor mínimo desta curva reflete o *Nível Económico Ótimo de Infiltração*.

O mesmo projeto afirma que os custos relativos às afluências indevidas podem ser distribuídos em três categorias: operacionais, manutenção e investimento. Nos subcapítulos seguintes define-se cada um deles. [30]

3.5.1 CUSTOS OPERACIONAIS

Os custos operacionais derivam, diretamente, de afluências indevidas ao sistema de drenagem. Na verdade, o impacto dos caudais excedentários origina consequências no bom funcionamento da rede visto que há mais caudal para bombear e mais caudal para tratar nas ETAR. Posto isto, os custos operacionais são, vulgarmente, divididos em [30]:

- Custos de Bombeamento;
- Custos de Tratamento.

Os custos de bombeamento resultam da energia consumida para elevar um determinado volume de água por unidade de tempo, às estações de tratamento. Desta forma, aquando da afluência de um maior

volume de água, os equipamentos responsáveis pela elevação, consomem mais energia para que este volume de água seja bombeado e vença os desníveis entre os diversos órgãos de tratamento que constituem a ETAR. De salientar que estes custos podem ser estimados através do conhecimento do caudal bombeado e da altura de elevação dos grupos eletrobomba.

Para além dos custos de bombeamento, as afluentes indevidas também provocam um aumento dos custos de tratamento. Estes custos relacionam-se com os vários processos realizados nas ETAR que visam a separação ou diminuição da quantidade de matéria poluente da água antes de ser lançada no meio recetor.

Os principais custos de tratamento decorrem do arejamento e da adição de produtos químicos. Na verdade, no tratamento primário realizado na ETAR, a separação da matéria poluente da água por sedimentação nos decantadores primários pode ser auxiliada pela adição de produtos químicos que, através de uma coagulação/floculação, permitem a obtenção de flocos de matéria poluente de maiores dimensões que por sua vez, são mais facilmente sedimentáveis. Assim, aquando da afluência de maiores caudais à ETAR, poderá ser necessária a adição de uma maior quantidade de produtos químicos e assim, um aumento nos custos de tratamento. Do mesmo modo, ao nível do tratamento secundário executado nas ETAR, a matéria orgânica poluente é consumida por microrganismos nos reatores biológicos, sendo que nestes reatores existe uma grande quantidade de microrganismos aeróbios e deste modo, a necessidade do seu arejamento. Em consequência do aumento do caudal, é possível que ocorra igualmente o aumento da sua carga poluente e desta forma poderá ser necessário fornecer uma maior quantidade de ar, originando um aumento dos custos de arejamento. [30]

3.5.2 CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Os custos de manutenção incluem todas as ações que se têm de realizar em prol do bom estado de conservação das redes de drenagem. Estes custos têm em conta todas as atividades de reparação, substituição e/ou renovação do sistema, desde os materiais ao aluguer de equipamentos. Habitualmente, encontram-se relacionados com a existência de deficiências estruturais, nomeadamente fissuras ou fraturas, e a necessidade de reabilitar ou substituir tubagens. Todavia, devido ao seu carácter aleatório e à dificuldade em contabilizar de forma precisa o caudal de infiltração afluente a um dado sistema de drenagem, são considerados de difícil quantificação. [21]

3.5.3 CUSTOS DE INVESTIMENTO

A redução de influências indevidas apresenta uma grande influência na evolução dos custos de investimento. Os custos de investimento, como a designação indica, consistem em custos provenientes de investimentos realizados no sistema de drenagem. Numa fase inicial do projeto, a redução das infiltrações na rede de drenagem pode diminuir os custos de investimento ou custos de capital visto que no dimensionamento da rede, podem ser reduzidos os diâmetros das tubagens, o tamanho dos descarregadores de tempestade e a dimensão das unidades de tratamento. Contudo, os custos de capital devem ser avaliados caso a caso pois é necessário compreender as contribuições das diferentes origens de afluentes indevidas e só assim será possível direcionar e priorizar o investimento para as zonas mais problemáticas.

Por exemplo, para combater o impacto das afluentes indevidas, podem ser realizados investimentos em soluções como a construção de uma rede de drenagem complementar que tem como função receber o caudal excedentário da rede já existente. Neste caso, a ideia é transferir o caudal relativo às infiltrações para uma nova rede. Assim, quanto menor for o valor base destas infiltrações, menor será o investimento

a realizar visto que é possível reduzir não só a dimensão do diâmetro das tubagens como também a quantidade de caudal a bombear e custo de tratamento. Do mesmo modo, também pode-se equacionar o dimensionamento de tanques de armazenamento de tempestade para receber o volume excedentário de água. A redução da infiltração direta pode reduzir o volume de armazenamento necessário para satisfazer os requisitos e deste modo, pode levar à redução dos custos de investimento no tanque de armazenamento. [30]

Por outro lado, a investigação das origens e das causas dos caudais de infiltração, como recurso a estudos laboratoriais, modelos e medições *in situ*, pode levar ao aumento dos custos de investimento. Neste caso, os investimentos podem ser realizados em:

- Estudos de investigação das afluências indevidas;
- Detecção das fontes de infiltração, através dos métodos supracitados e vistorias aos elementos menos estanques da rede, como as caixas de visita;
- Realização de vistorias para detetar ligações pluviais indevidas;
- Modelação das redes de drenagem.

CASOS DE ESTUDO

Tal como referido anteriormente, o objetivo deste trabalho tem por base a análise das afluentes indevidas a um sistema de drenagem de modo a reduzir este fenómeno, elaborando uma ferramenta que permite determinar os locais mais problemáticos e definir a priorização das intervenções. A recolha e tratamento de dados é fundamental para o desenvolvimento de metodologias de planeamento e gestão das afluentes indevidas, na medida em que fornece informação para avaliar o estado atual da rede e a influência das características da bacia em que esta se encontra.

No presente capítulo será apresentada a empresa que propôs a construção desta ferramenta, *DouroECI*, e as empresas que forneceram os dados que foram alvo de estudo e base da ferramenta elaborada: *Águas do Centro Litoral. S.A.* e a *Águas de Valongo, S.A.*, sendo que a primeira é uma entidade gestora de sistemas “em alta” e a segunda, uma entidade gestora de sistemas “em baixa”. A metodologia de trabalho aplicada teve como principais objetivos:

1. Análise comparativa entre os volumes registados à entrada das instalações e os registos de precipitação;
2. Caracterização das bacias associadas aos locais de medição;
3. Diagnóstico do desempenho das redes em análise e determinação das características mais influentes para ocorrência de afluentes indevidas.

Para além da apresentação dos dados relativos ao caudal e precipitação, neste capítulo será dado ênfase aos SIG que, por sua vez, constituem uma tecnologia fundamental em várias áreas de atividade técnica. Na verdade, a sua aplicação em trabalhos referentes à gestão de sistemas de drenagem tornou-se prática corrente, devido à produção de temas de informação geográfica, normalmente na forma vetorial, com regras estabelecidas para as componentes geométricas e alfanuméricas. Cada um dos ficheiros SIG enviado pelas empresas foi analisado na plataforma de acesso livre designada de *QuantumGis* que permitiu estudar diversas características dos sistemas de drenagem em estudo.

4.1 Caracterização das empresas

4.1.1 DOUROECI

A DouroECI é uma empresa que exerce funções no âmbito da gestão do ciclo da água, aplicando os seguintes conceitos das áreas de Engenharia, Consultoria e Inovação, como mostra a Tabela 4.1.

Tabela 4.1 Conceitos aplicados à gestão do ciclo da água

Engenharia	Consultoria	Inovação
Estudos, projetos e otimização de sistemas de abastecimento de água, água residual e pluvial	Assistência técnica e gestão de projetos	Soluções para promover a gestão eficiente da água
Projetos e otimização de processos de tratamento de água e água residual	Programas de redução de perdas e de afluentes indevidas	Ferramentas de <i>business intelligence</i> , monitorização e avaliação de desempenho
Engenharia hidráulica	Planos de gestão patrimonial de infraestruturas	Transferência de conhecimento, formação e capacitação
Gestão integrada de recursos hídricos	Qualidade e segurança da água	
Soluções inteligentes para a gestão da água	Estudos económico-financeiros Desenvolvimento institucional	

A DouroECI desenvolve ferramentas inovadoras e/ou otimiza projetos no âmbito de sistemas de informação e monitorização a qualquer escala, focando-se no suporte operacional de *utilities* do setor da água. Para além de Portugal, a empresa tem presença global nos mercados com escassez de recursos hídricos, com abrangência global do ciclo de tratamento de água e água residual. Na verdade, já foram desenvolvidos mais de 3000 projetos, incluindo 34 concessões e contratos de O&M (Operação & Manutenção) de longo prazo. Importa ainda referir que tem sede no Dubai, suportada por escritórios estrategicamente localizados nas regiões de Sharjah para os EAU, estados do golfo e Arábia Saudita, no Cairo para África, em Jacarta para o sudeste da ásia e em Shenzhen para a China.

4.1.2 ÁGUAS DO CENTRO LITORAL, S.A

A Águas do Centro Litoral (AdCL) é, atualmente, a empresa que detém o Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Centro Litoral de Portugal. Este sistema foi criado a 29 de maio, pelo Decreto-Lei n.º 92/2015, mediante a agregação do sistema multimunicipal de saneamento da ria de Aveiro, do sistema multimunicipal de saneamento do Lis e do sistema multimunicipal de abastecimento de água e de saneamento do Baixo Mondego-Bairrada, que se encontram integrados no grupo Águas de Portugal. [47]

Na verdade, a concessão da exploração e da gestão do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Centro Litoral de Portugal foi atribuída, por um período de 30 anos, à sociedade Águas do Centro Litoral, S.A., que sucede nos direitos e obrigações às três Sociedades extintas:

- **SIMRIA** - Saneamento Integrado dos Municípios da Ria, S.A., concessionária do sistema multimunicipal de saneamento da Ria de Aveiro;
- **SIMLIS** – Saneamento Integrado dos Municípios do Lis, S.A., concessionária do sistema multimunicipal de saneamento do Lis;
- **Águas do Mondego** - Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Baixo Mondego - Bairrada, S.A., concessionária do sistema multimunicipal de abastecimento de água e de saneamento do Baixo Mondego - Bairrada.

O Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Centro Litoral de Portugal abrange a área geográfica de 5.485 km² e tem como função a captação, o tratamento e o abastecimento de água para consumo público. Do mesmo modo, é responsável pela recolha, tratamento e a rejeição de efluentes domésticos e urbanos, e a receção de efluentes provenientes de limpeza de fossas sépticas. [47]

No que diz respeito apenas ao sistema de saneamento de águas residuais, a Águas do Centro Litoral serve os municípios de Albergaria-a-Velha, Águeda, Ansião, Arganil, Aveiro, Batalha, Cantanhede, Coimbra, Condeixa-a-Nova, Espinho, Estarreja, Góis, Ílhavo, Leiria, Lousã, Marinha Grande, Mealhada, Mira, Miranda do Corvo, Murtosa, Oliveira do Bairro, Ourém, Ovar, Penacova, Penela, Porto de Mós, Santa Maria da Feira, Soure, Vagos e Vila Nova de Poiares, aos quais correspondeu em 2016, uma população de cerca de 835 mil habitantes-equivalentes. A Figura 4.1 mostra a distribuição geográfica dos conselhos abrangidos, a localização da sede da AdCL e ainda, os diferentes Centros Operacionais responsáveis pela gestão de cada zona. [47]

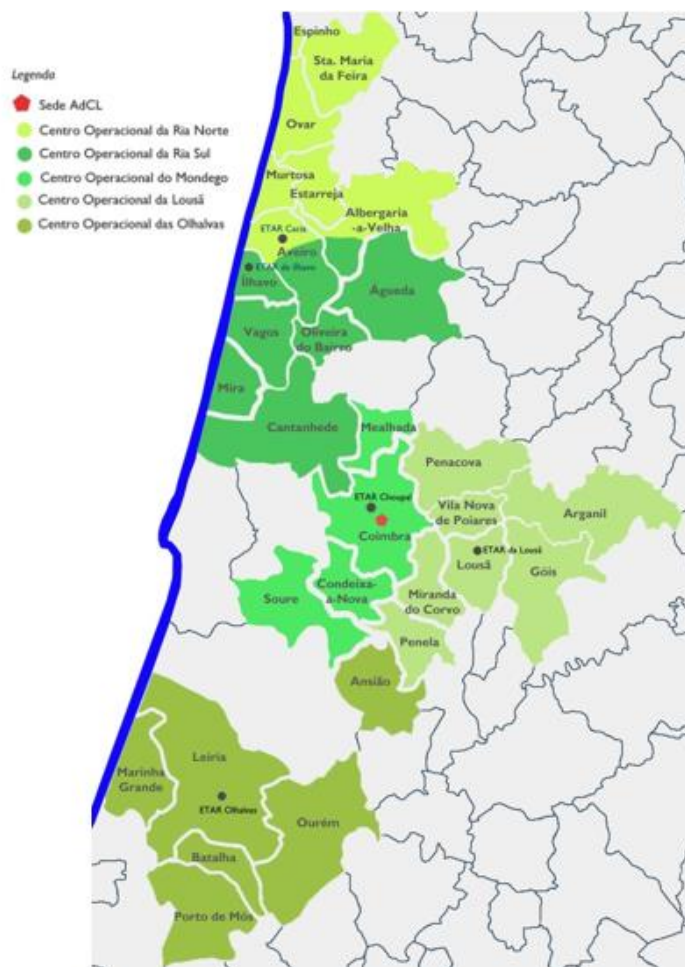


Figura 4.1 Municípios servidos pelo Sistema de saneamento de águas residuais da AdCL. [47]

Ainda referente ao saneamento de águas residuais, importa mencionar que existem 67 Estações de Tratamento de Águas Residuais, 158 Estações Elevatórias e 2 Emissários Submarinos. Para além disso, apresenta 865 km de emissários e trata diariamente um volume de efluente na ordem dos 76 329 m³. [47]

A constituição da AdCL promoveu também a criação da Direção de Gestão de Ativos e, dentro desta, a área de Gestão de Perdas e Afluências Indevidas (GPA). Desta forma, a AdCL tem em vista a implementação do projeto iAFLUI de modo a estabelecer uma linha orientadora devidamente sistematizada para desenvolvimento de metodologias de gestão de afluências indevidas ao seu sistema de recolha e tratamento de águas residuais. [45]

4.1.3 ÁGUAS DE VALONGO, S.A

A empresa Águas de Valongo, S.A (AV) gere e explora os sistemas de abastecimento de água para consumo público e de recolha, tratamento e rejeição de efluentes do concelho de Valongo, em conformidade com as exigências do contrato de concessão outorgado com a Câmara Municipal de Valongo. Este contrato teve o início do seu período de funcionamento a 1 de novembro de 2000 e tem a duração de 36 anos, sendo que o seu perímetro territorial corresponde ao limite do concelho de Valongo. Atualmente, a AV tem como único acionista a empresa *Be Water, S.A.*[48]

O concelho de Valongo tem uma área de 75,2 km² e abrange no seu território 4 freguesias, integrando as cidades de Valongo, Ermesinde e Alfena, e as vilas de Campo e Sobrado. Segundo a avaliação realizada no período censitário, em 2011, Valongo registava 93 858 habitantes, sendo Ermesinde a freguesia com o maior número de habitantes (38 798 habitantes) e Sobrado com o menor número (6 727 habitantes). [49]

Relativamente ao sistema de drenagem e tratamento de águas residuais, o sistema de saneamento do Concelho de Valongo, divide-se em dois subsistemas: o sistema Nascente que serve as freguesias de Valongo, Campo e Sobrado e o sistema Poente que serve as freguesias de Ermesinde e Alfena. A Figura 4.2 mostra os intercetores de cada um dos subsistemas, incluindo as respetivas Estações de Tratamento de Águas Residuais e Estações Elevatórias.[49]



Figura 4.2 Elementos dos subsistemas de saneamento do Concelho de Valongo.[49]

A rede de drenagem recolhe as águas residuais urbanas através de ramais de ligação e encaminha-as para as ETAR do Concelho - ETAR de Ermesinde e Alfena e ETAR de Valongo, Campo e Sobrado para tratamento adequado, antes da descarga no meio recetor - Rio Leça e Rio Ferreira -, respetivamente. Na seguinte Tabela 4.2, apresentam-se as capacidades das ETAR do Concelho, os tipos de tratamento e os respetivos caudais médios e máximos.

Tabela 4.2 Características das ETAR do Concelho de Valongo [49]

	ETAR Ermesinde Alfena	ETAR Valongo, Campo e Sobrado
Capacidade (hab.eq)	65 000	57 000
Caudal médio (m³/d)	5 400	9 700
Caudal máximo (m³/d)	8 040	12 324
Tipo de Tratamento	Secundário	Secundário

Para além disso, apresenta 29 estações elevatórias de águas residuais e 350 km de extensão de rede coletora de águas residuais, que incluem aproximadamente 20 344 ramais domiciliários de águas residuais. [14]

4.2 Descrição dos elementos fornecidos

A construção de uma ferramenta de metodologia de análise e priorização de intervenções de afluentes indevidas necessita não só da estruturação de um programa informático, mas também e fundamentalmente, do tratamento e análise de vários tipos de dados referentes a uma bacia de drenagem. Recorrendo ao que foi mencionado ao longo dos capítulos anteriores, considera-se que para desenvolver a ferramenta de análise é necessário que cada caso de estudo contemple as seguintes informações:

- Registos de Caudal e Precipitação;
- Características da rede (Diâmetro dos coletores, Comprimentos dos coletores, etc.)
- Características da Bacia (Tipos de ocupação do solo, Tráfego e proximidade a níveis freáticos)

Pretende-se que esta ferramenta seja intuitiva e de fácil compreensão para os seus utilizadores, um pouco à margem do que existe atualmente no mercado onde são necessárias formações para explicar o funcionamento e são requeridos vários tipos de dados numa fase inicial da sua utilização. Posto isto, antes da elaboração da ferramenta, foi necessária uma análise comparativa entre os dados fornecidos e das características das bacias que pressupõem a ocorrência de afluentes indevidas que têm vindo a ser diagnosticadas nos artigos mais recentes sobre este assunto.

Neste processo, foram avaliados dados relativos aos registos de caudais e registos de precipitação numa determinada área com vista a perceber quais as áreas mais problemáticas e, mais tarde, após recolhida a informação acerca das características da bacia, definiu-se quais poderiam ser mais influentes.

Nos seguintes subcapítulos são apresentados todos os elementos fornecidos e, com o auxílio de informação complementar recolhida através de outras plataformas, procede-se à descrição dos sistemas que vão ser analisados pela ferramenta de suporte à decisão.

4.2.1 ELEMENTOS FORNECIDOS PELAS ÁGUAS DO CENTRO LITORAL, S.A

A AdCL, inicialmente, enviou dados relativos ao registo de caudal e pluviosidade alusivos a 3 diferentes zonas do território servido pela empresa:

- **Afluente à Estação Elevatória N12 (EEN12)** - Neste primeiro caso, os dados providos tinham por base a montagem de ponto de medição em Estarreja a montante da EEN12. A EEN12 é uma estação elevatória na qual afluem caudais provenientes do Município de Murtosa e das localidades mais próximas. Os caudais oriundos desta zona foram medidos e registados das três EE localizadas a montante de EEN12. Estas estações são designadas como EEN10, EEN11 e EEN13. Com recurso à Figura 5.1, é possível localizar cada uma destas estações mencionadas. Foram, ainda, enviados os momentos de paragem no sistema, onde foi realizada a instalação/limpeza do medidor.
- **Efluente da Estação Elevatória Sv1** - No segundo caso, foram apresentados os dados de pluviosidade provenientes de um udómetro pertencente à Indústria e Gestão de Água, S.A, também conhecida por INDAQUA, que se encontra instalado no Concelho de Santa Maria da Feira. A estes registos de precipitação, foi anexado um ficheiro com os caudais bombados pela EESv1 localizada em Nogueira da Regedoura.

- **Afluente pelo PE9 (Cantanhede)** - Por último, foram enviados os registos de caudal no ponto de medição em Cantanhede na rede em baixa, mais concretamente, na ligação do ponto de recolha PE9, a montante da EECT4. Também, foram fornecidos os registos de precipitação do udómetro instalado na EECT4.

Estes dados têm a particularidade de medirem os caudais provenientes não só de uma determinada localidade como também de uma unidade industrial da empresa Lactogal. A Lactogal é uma empresa agroalimentar especializada em laticínios e seus derivados e o seu propósito é produzir e comercializar, nos mercados nacional e internacional, laticínios e outros bens alimentares. Esta unidade industrial cessou o funcionamento da sua ETAR e após acordo com a AdCL, neste momento, envia os seus efluentes para a ETAR de Ílhavo. No entanto, aquando de períodos de precipitação elevada, há um aumento de caudal na rede e ocorrem descargas de efluentes, sem o devido tratamento, na Estação Elevatória das Cochadas (EECT4). Esta situação está a causar problemas ambientais na zona de descarga e consequentemente, prejuízos financeiros à AdCL, devido às multas a que tem vindo a ser submetida.

Após uma análise destes casos respeitantes aos dados fornecidos pela AdCL, determinou-se que seria importante focar a atenção em apenas num dos casos supracitados. Selecionou-se o “**Afluente à Estação Elevatória N12**” visto que se enquadra no panorama geral de dados que se perspectivava para o desenvolvimento da ferramenta. Ou seja, neste caso, é possível analisar o efeito da precipitação num conjunto de zonas bastante próximas e deste modo, com os registos dos caudais e levantamento das características da bacia, avaliar qual é a zona que necessita de uma intervenção prioritária.

A AdCL enviou, juntamente, com os registos do caudal, o mapa de toda a região abrangida pela entidade que inclui as várias EE e as respetivas áreas que servem. No entanto, como nesta dissertação, apenas se vai abordar o caso da EEN12, retirou-se um excerto deste mapa, apresentado na Figura 4.3, onde é possível observar a delimitação das zonas abrangidas por cada uma das EE em estudo, sendo que as medições de caudal enviadas foram realizadas nas estações elevatórias.

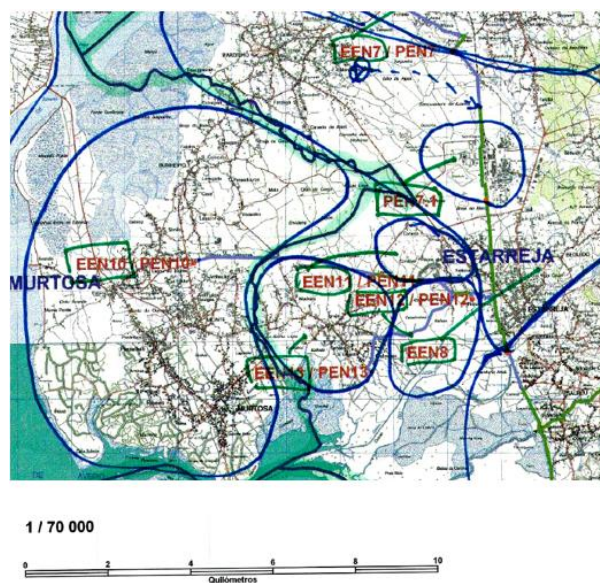


Figura 4.3 Mapa com a localização das EE em estudo, fornecido pela AdCL.

Tendo em conta a delimitação das zonas abrangidas por cada uma das EE, procedeu-se à identificação das freguesias pertencentes a cada uma destas zonas delimitadas pelas linhas azuis. A AdCL, como entidade gestora “em alta”, não apresenta os dados relativos aos consumos de cada uma destas zonas pois encontram-se abrangidas pelas entidades gestoras “em baixa”.

A Figura 4.4 apresenta o mapa da Figura 4.3 integrado no ficheiro SIG com informação sobre as características físicas da rede que drena para a Estação Elevatória EEN12, como comprimento de coletor, diâmetro, material do coletor, entre outros. Para além disso, as funcionalidades do *QuantumGis* permitem delinear as zonas abrangidas pelas EE em estudo por forma a ter uma melhor perceção das freguesias que estão inseridas.

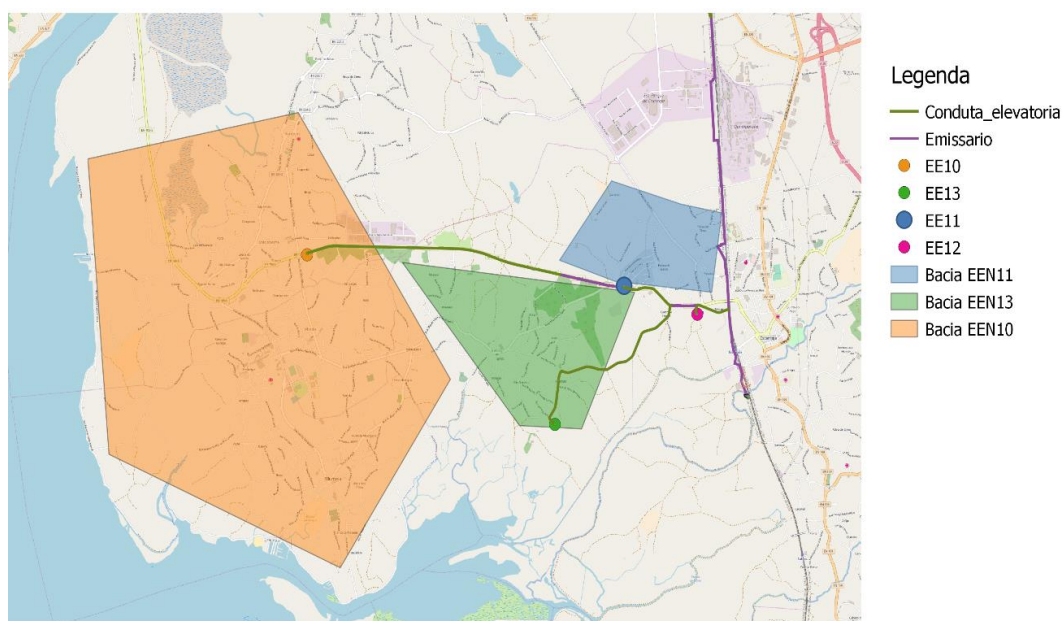


Figura 4.4 Bacias servidas pelas Estações Elevatórias em Estudo.

Através do mapa da Figura 4.4 e juntamente com informação dos caudais fornecidos pela AdCL relativos a cada EE, verifica-se que os caudais medidos na EEN11 são o somatório dos caudais registados na bacia servida pela EEN10 e na bacia servida pela EEN11. A estes caudais, juntam-se os caudais provenientes da bacia servida pela EEN13, antes de serem medidos e bombados na EEN12.

Pela ampliação do mapa e recorrendo à Base de Dados do Instituto Nacional de Estatística (INE), determinou-se as freguesias ou lugares incluídos nas bacias e a respetiva população, obtendo-se os seguintes resultados presentes na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 População residente nas freguesias abrangidas pelas EE em estudo

Estação Elevatória	Freguesias/ Lugares	População residente (habitantes)	População residente (Total)
EEN10	Murtosa	3608	6340
	Bunheiro	1395	
	Monte	1337	
EEN13	Veios	2503	2503
EEN11	Póvoa de Baixo	719	2404
	Feteira	606	
	Canedo	370	
	Canto do Esteiro	709	

Relativamente aos dados de medição e registo de caudal nas estações elevatórias, estes reportam ao ano de 2017, mais precisamente, do dia 1 Janeiro até ao dia 31 de Dezembro, sendo que os registos referentes à estação EE12 podem ser consultados na Tabela B.2 do Anexo B.

No entanto, ao longo de 2017, a AdCL não realizou registos de precipitação para a bacia em estudo. Portanto, foi necessário complementar a informação fornecida pela AdCL, acedendo ao Sistema Nacional de Recursos Hídricos (SNIRH). No conjunto de estações meteorológicas em funcionamento na área envolvente à zona onde foram medidos os caudais, apenas a Estação Meteorológica situada em Oliveira do Bairro continha registos de precipitação diários ao longo do ano de 2017. Esta informação também pode ser consultada na Tabela B.1 do Anexo B.

Com recurso às propriedades do ficheiro SIG enviado, é possível consultar várias características da rede como o número de caixas de visita, comprimento dos coletores, diâmetro das condutas, entre outros, como mostra a Figura 4.5. Estas características serão importantes para o cálculo de parâmetros que permitem avaliar o desempenho da rede.

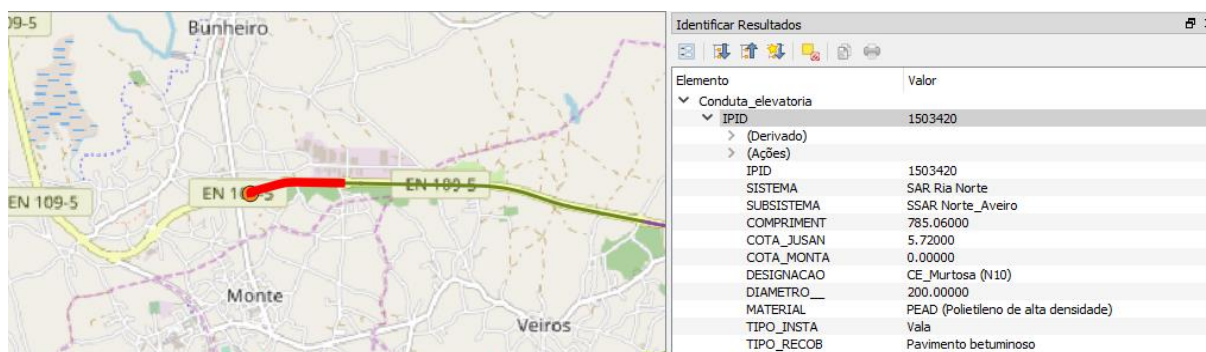


Figura 4.5 Características da rede presentes no ficheiro SIG fornecido.

Por outro lado, foi necessário determinar as características de cada uma das zonas que eram intersecionadas pelas condutas do sistema de drenagem da AdCL. Desta forma, recorreu-se ao *QuantumGIS* e à sua funcionalidade *OpenStreetMap*, onde se consegue obter a visualização do que se sucede ao nível do solo

no ponto da rede selecionado. A Figura 4.6 demonstra os resultados obtidos através desta funcionalidade.

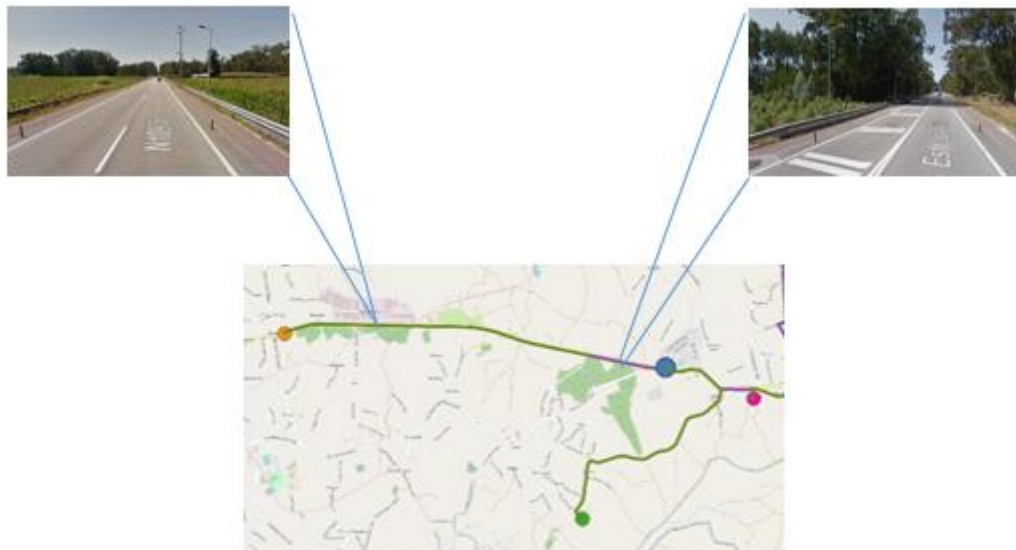


Figura 4.6 Ocupação do solo nas zonas onde se situa os coletores da AdCL.

Como se verifica pela Figura 4.6, conclui-se que a rede encontra-se numa zona rural, por onde passa uma estrada nacional e onde a ocupação do solo nas áreas envolventes da rede são, maioritariamente, zonas verdes.

4.2.2 ELEMENTOS FORNECIDOS PELAS ÁGUAS DE VALONGO, S.A

Relativamente às Águas de Valongo, S.A., foram fornecidos os dados referentes aos volumes horários afluentes à ETAR de Ermesinde e Alfena desde outubro de 2014 até dezembro de 2016. Juntamente com estes dados, foram enviados também os registos de precipitação, para o mesmo período, efetuados por um udómetro instalado nas proximidades das sub-bacias que abrangem essas localidades.

No tratamento destes dados, foi necessária uma análise rigorosa pois existiam meses completos ou vários dias consecutivos nos quais não foram registados os valores dos volumes afluentes nem da precipitação devido a possíveis avarias nos equipamentos ou pausas no seu funcionamento. Os volumes diários de caudal e precipitação, para o ano de 2015, podem ser consultados na íntegra na Tabela A.1 do Anexo A.

Com vista à caracterização do sistema de drenagem que aflui à ETAR de Ermesinde e Alfena, a AV disponibilizou ficheiros SIG, onde não só se pode observar a localização e extensão do sistema de drenagem que serve o Concelho de Valongo como também identificar a rede que drena para a ETAR de Ermesinde e Alfena e as várias sub-bacias pertencentes a este processo.

Para além disso, recorrendo à “Tabela de Atributos” do ficheiro SIG, torna-se possível determinar também o comprimento dos coletores, o diâmetro e o material das tubagens, entre outros.

No ficheiro SIG fornecido encontra-se representada toda a rede coletora que serve o Concelho de Valongo, ou seja, a rede que abrange o sistema Nascente e o sistema Poente. Porém, tendo em conta que os registos de caudal fornecidos apenas abrangem a rede do sistema Poente, recorreu-se à “Tabela de Atributos” da camada alusiva à rede coletora e selecionou-se apenas os dados dos coletores com a opção “RIO LECA” no campo “EMISSARIO”. Após eliminar os dados não-selecionados, obteve-se a rede apresentada na seguinte Figura 4.7.

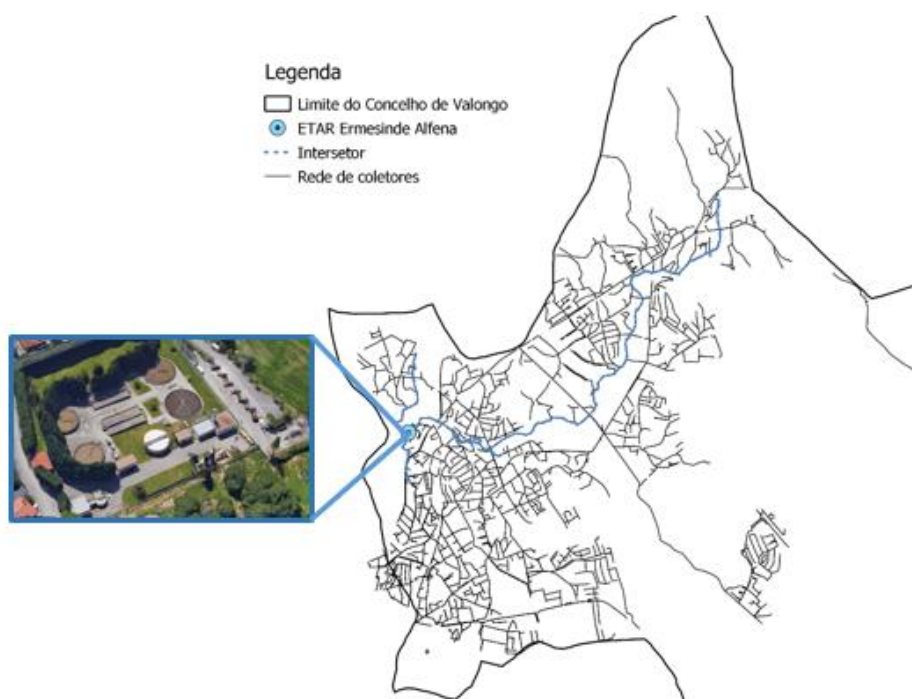


Figura 4.7 Ficheiro SIG representativo da rede de coletores que drena para a ETAR Ermesinde Alfena.

Recorrendo, uma vez mais, à “Tabela de Atributos” da rede coletora, foi possível aceder às características das tubagens que seriam de extrema importância para o desenvolvimento deste trabalho como o diâmetro, o comprimento, o material, quantidade de ramais a idade e a localização e extensão das diferentes bacias que drenavam para a ETAR.

Adicionalmente, tendo em conta os resultados pretendidos com a elaboração da ferramenta de análise, solicitaram-se os registos de caudais medidos em vários pontos do sistema de drenagem de forma a estudar quais os locais mais problemáticos e que necessitavam de ser intervencionados. Ou seja, para a ferramenta apresentar uma metodologia de análise e priorização de intervenções, é necessário usufruir de várias medições de caudal ao longo de toda a bacia que drena para a ETAR de modo a que, com as características e informações de cada zona, seja possível identificar e definir as zonas mais críticas.

Desta forma, a AV enviou as medições obtidas a partir dos vários medidores de nível presentes a jusante de cada uma das bacias da rede que drena para a ETAR de Ermesinde e Alfena. Com vista à interpretação dos registos, utilizou-se as informações obtidas anteriormente acerca da localização das bacias e, através das funcionalidades da plataforma QGIS, atribuiu-se uma cor aos coletores de modo a diferenciar cada uma delas, como se pode observar pela Figura 4.8.

Cada bacia é designada pela primeira letra da freguesia que abrange e seguida de uma numeração, ou seja, as A14, A15, A17, A19, A23 e A24 pertencem a Alfena e as restantes E7, E14 e E42 pertencem a Ermesinde. Constata-se também que, estas bacias não abrangem a área total servida pela ETAR Ermesinde Alfena.

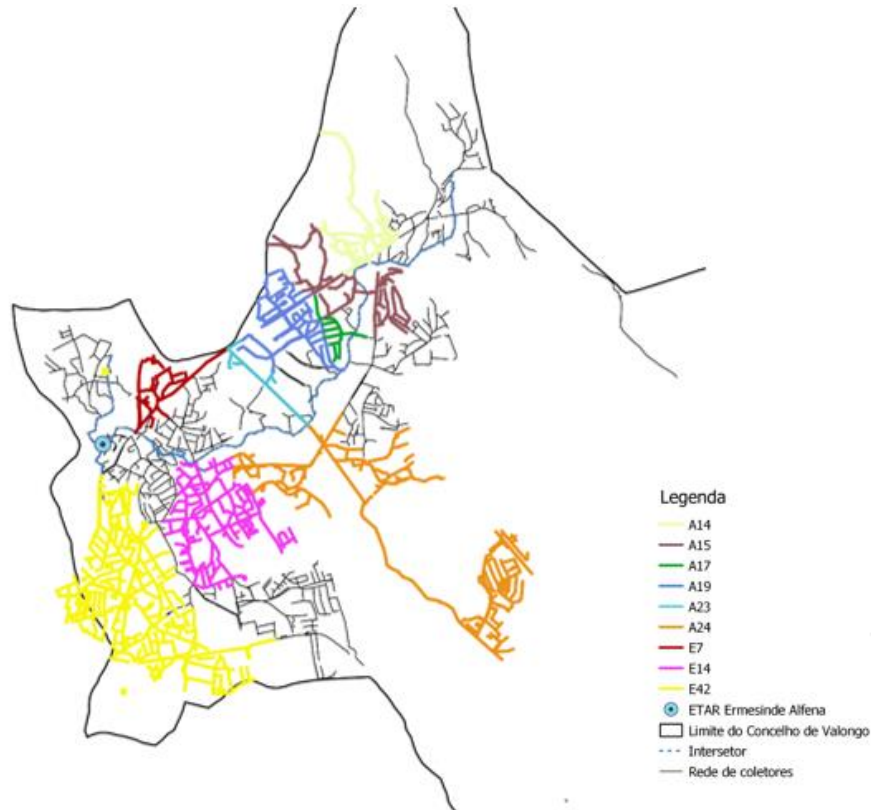


Figura 4.8 Identificação das bacias que drenam para a ETAR Ermesinde Alfena.

Como os novos dados fornecidos constavam de medições de nível, foi necessário converter essas medições para caudal. Tendo em conta os dados disponíveis e para proceder à análise do comportamento hidráulico de sistemas de drenagem em escoamentos de superfície livre recorreu-se à equação de *Manning-Strickler*.

$$Q = K_S A R_h^{\frac{2}{3}} \sqrt{i} \quad (4.1)$$

Em que:

Q – Caudal escoado (m^3/s);

K_S – Coeficiente de rugosidade ($m^{1/3}/s$);

A – Área (ou secção molhada) do escoamento (m^2);

R_h – Raio hidráulico (m);

i – Inclinação.

A área ou secção molhada do escoamento consiste na área da secção normal às linhas de corrente. O raio hidráulico é obtido a partir do quociente da secção molhada pelo perímetro molhado, sendo que o perímetro molhado consta do comprimento da curva de intersecção da secção molhada com as paredes (sólidas). [50] A inclinação pode ser obtida através das cotas ($Z_{montante}$ e $Z_{jusante}$) das soleiras das câmaras de visita da rede de drenagem:

$$i = \frac{Z_{montante} - Z_{jusante}}{\text{comprimento do tubo entre as duas caixas}} \quad (4.2)$$

Por fim, os valores do coeficiente K_S são exclusivamente em função da natureza e conservação das paredes e fundo do tubo e foram determinados consoante o material das condutas onde foi realizada a medição do nível, com recurso à seguinte Tabela 4.4.

Tabela 4.4 Valores de K_S para a fórmula de Manning-Strickler [50]

Material	K_S ($m^{1/3}/s$)
Fibrocimento	90
FFD não revestido	60
FFD revestido	70
Aço sem soldadura	65
Aço soldado	90
Betão liso	75
PVC	110
PEAD	125

Como se trata de um escoamento em superfície livre, nem toda a secção do coletor é preenchida pelo escoamento. Assim, é possível definir a altura do escoamento (h), a área molhada (A) e o perímetro molhado (P) em função do ângulo ao centro θ (radianos), através das seguintes equações: [50]

$$h = \frac{D}{2} \times \left(1 - \cos \frac{\theta}{2}\right) \quad (4.3)$$

$$A = \frac{D^2}{8} \times (\theta - \sin \theta) \quad (4.4)$$

$$P = \frac{D \times \theta}{2} \quad (4.5)$$

Posto isto, a partir da área de secção molhada e do raio hidráulico, é possível converter o nível medido pelos sensores em caudal. De referir que, é expectável que a exatidão dos resultados desta conversão seja fraca, tendo em conta a estimativa das inclinações com base em informações não confirmada no local. Para além disso, tratam-se os sensores de nível são muito sensíveis a ocorrências na rede, nomeadamente quando as caixas de visita entram em carga, pelo que a fiabilidade de muitos desses registos não é a melhor, quando se pretende analisar períodos longos.

Como exemplo de cálculo, utilizaram-se as características da conduta onde foram realizadas as medições do sensor de nível para a bacia A19:

- Nível de água registado às 01h00 do dia 1/1/2015: 22 mm
- Diâmetro da conduta: 200 mm
- Material: PVC
- Inclinação: 0,04

Desta forma, sabendo o valor da altura do escoamento (h) e o diâmetro da conduta, determinou-se o ângulo ao centro θ ,

$$22 = \frac{200}{2} \times \left(1 - \cos \frac{\theta}{2}\right) \rightarrow \theta = 1,35 \text{ rad}$$

Obtido o valor de θ , procedeu ao cálculo da área molhada e do perímetro,

$$A = \frac{200^2}{8} \times (1,35 - \sin 1,35) \rightarrow A = 0,0019 \text{ m}^2$$

$$P = \frac{200 \times 1,35}{2} \rightarrow P = 0,135 \text{ m}$$

Por fim, consultou-se a Tabela 4.4 e verificou-se que para o material PVC, o K_s é de $110 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Desta forma, aplicou-se a equação de Manning-Strickler,

$$Q = 110 \times 0,0019 \times \frac{0,0019^{\frac{2}{3}}}{0,135} \times \sqrt{0,04} \rightarrow Q = 0,0024 \text{ m}^3/\text{s}$$

Os restantes valores convertidos encontram-se expostos no Anexo A e serão usados, posteriormente, nesta dissertação.

Por fim, solicitou-se à AV, o volume de água anual abastecido de cada umas das bacias em estudo de modo a aferir acerca dos consumos de água das bacias e consequentemente, estudar o volume de água residual. Estes valores encontram-se apresentados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 Volume de água abastecida a cada bacia.

Bacia	Volume de Água Abastecido (m ³ /ano)
A14	72018
A15	70636
A17	20237
A19	85446
A23	26667
A24	235850
E7	49032
E14	270230

Após o tratamento dos dados relativos ao caudal, precipitação e características da rede disponibilizados, procedeu-se à recolha de dados inerentes às propriedades físicas de cada uma das bacias representadas na Figura 4.5 de forma a complementar a informação fornecida pelas AV.

Recorreu-se ao Plano Diretor Municipal do Concelho de Valongo (PDM), de modo a identificar nos locais abrangidos pelas bacias em estudo, as zonas urbanas e urbanizáveis, zonas industriais, zonas verdes, entre outros, como mostra a Figura 4.6. Esta caracterização tem em vista determinar se a área da bacia é impermeável e, deste modo, avaliar a influência das afluentes indevidas por escoamento superficial.

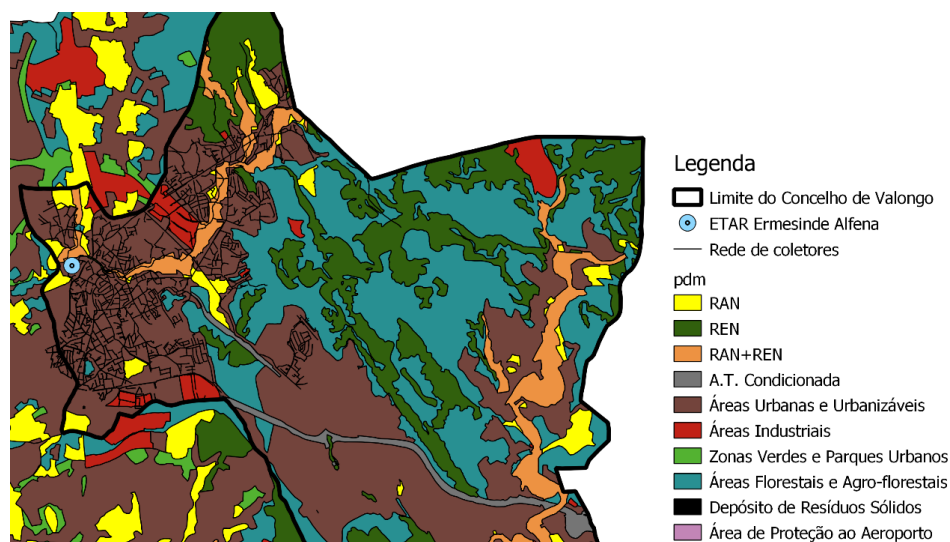


Figura 4.9 PDM do Concelho de Valongo.

Pela análise da Figura 4.9, constata-se que maior parte da rede coletora, encontra-se em Áreas Urbanas ou Urbanizáveis, como seria expectável visto que se trata de uma rede “em baixa”. Do mesmo modo, também será expectável que os caudais excedentários provenientes do escoamento superficial apresentem maior influência do que as infiltrações no que respeita à ocorrência de afluências indevidas.

Para além das informações fornecidas pelo PDM, utilizou-se, uma vez mais, a funcionalidade *OpenStreetMap* do *QGIS*, para realizar uma análise mais pormenorizada dos tipos de ocupação do solo da rede. Por forma a exemplificar o tipo de análise que foi realizado, utilizaram-se as informações referentes à bacia A14 e observaram-se pontos distintos da zona. A Figura 4.10 mostra alguns dos locais observados.

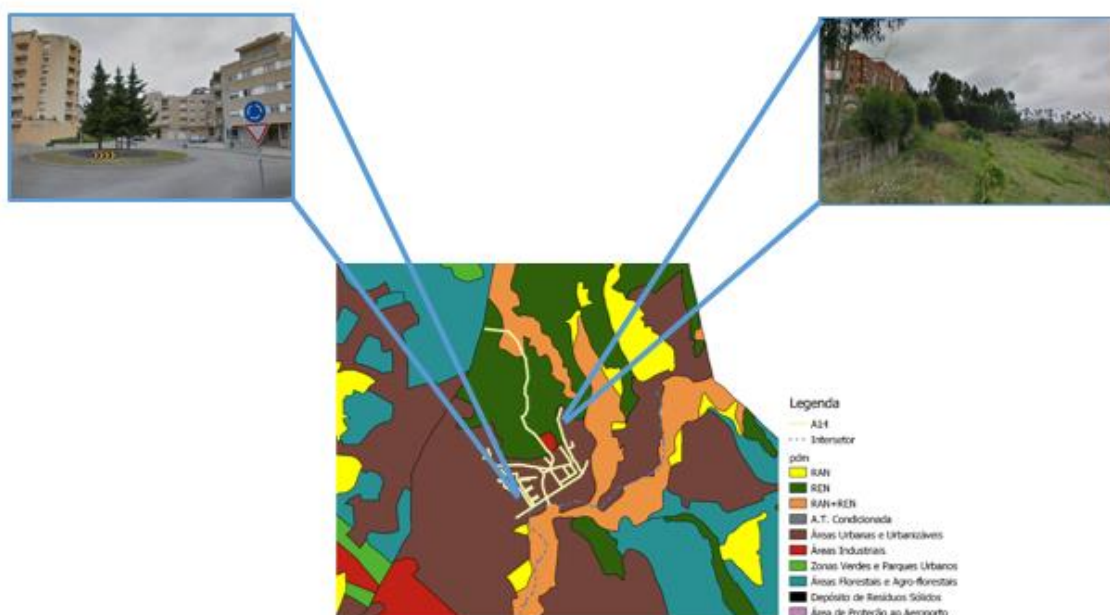


Figura 4.10 Tipo de ocupação do solo da bacia A14.

Outra característica das bacias que apresenta relevância na avaliação das afluentes indevidas é a sua proximidade a níveis freáticos como rios ou linhas de água. Como já foi referido anteriormente, a proximidade a níveis freáticos pode induzir maior probabilidade de ocorrência de infiltrações ou até mesmo alagamentos nessas zonas. Através de um ficheiro SIG, no qual continha informação acerca dos rios e das linhas de água presentes na Região Norte, foi possível determinar a proximidade a níveis freáticos de cada umas das bacias em análise, como mostra a Figura 4.11.

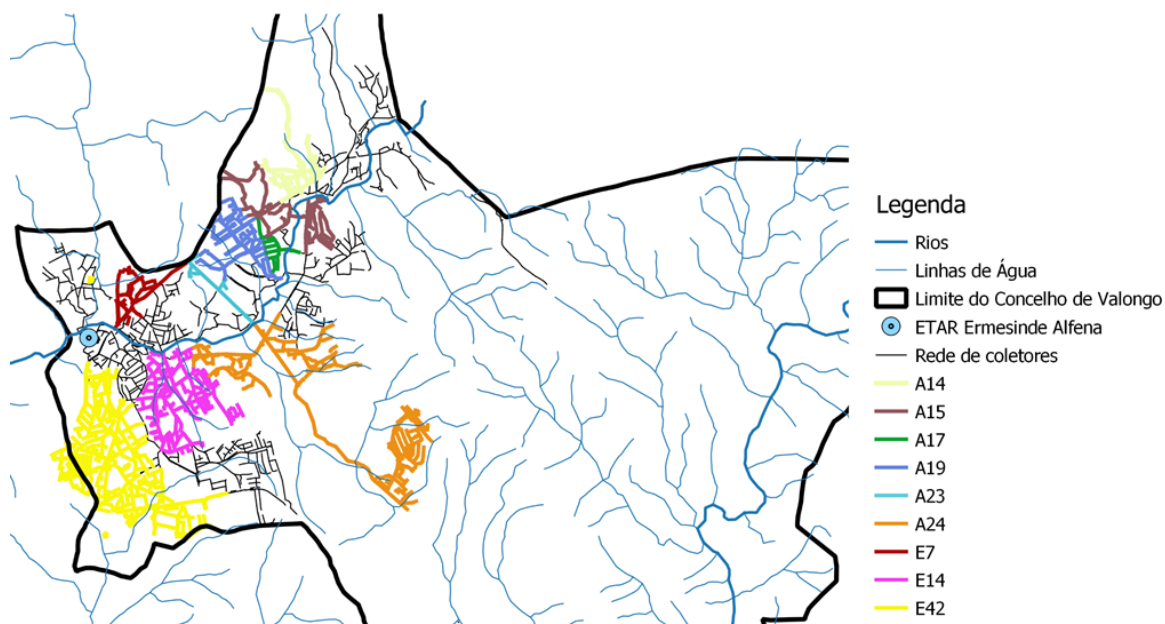


Figura 4.11 Rios e Linhas de água afluentes ao Concelho de Valongo.

Através da Figura 4.11, verifica-se que as bacias que drenam para a ETAR de Ermesinde e Alfena encontram-se próximas ou coincidentes com as linhas de água provenientes do rio que atravessa o concelho, designadamente o rio Leça.

Por fim, recorrendo às funcionalidades do QGIS, descarregou-se um ficheiro onde se obteve informação acerca do mapa rodoviário do Concelho de Valongo. O mapa rodoviário pode indicar a proximidade das condutas a estradas com elevado tráfego e consequentemente com maior probabilidade de assentamentos, fraturas nas condutas, tampas de saneamento soltas, entre outros. Assim, torna-se importante localizar as estradas concelho e deste modo, estudar quais as bacias que se situam nos locais mais problemáticos a este nível.

A Figura 4.12 mostra um pequeno excerto do mapa rodoviário da rede, nomeadamente algumas das estradas abrangidas pelas bacias E14 e E42.

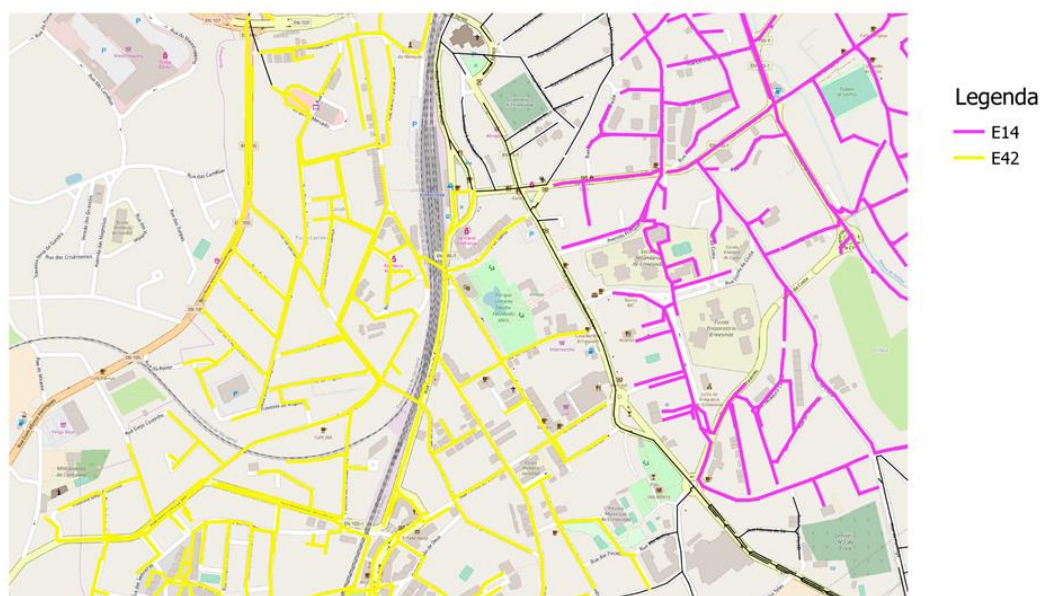


Figura 4.12 Mapa rodoviário das bacias E14 e E42.

No Anexo A, apresentam-se as caracterizações de todas as bacias que foram alvo de estudo, segundo os dados e procedimentos supramencionados.

4.3 Análise custo-benefício das medidas implementadas

A decisão de reabilitar o sistema de drenagem de águas residuais depende de uma grande quantidade de variáveis. A forma como estas se relacionam aumentam toda a complexidade do processo de decisão, tornando-se difícil por vezes perceber se é viável reabilitar.

Nos próximos pontos, recorreu-se aos dados e informações de cada uma das empresas supracitadas e elaborou-se uma análise custo-benefício do impacto financeiro da ocorrência de afluências indevidas nos seus sistemas de drenagem e as possíveis melhorias que poderiam advir de um conjunto de intervenções suportado pela ferramenta em desenvolvimento nesta dissertação.

4.3.1 ÁGUAS DO CENTRO LITORAL, S.A

Tendo em conta os dados fornecidos pelas Águas Centro Litoral, S.A, os valores dos caudais registados nas estações elevatórias não permitem a realização de uma análise custo-benefício. Apesar disso, na Tabela 4.6 estão referenciados alguns dos dados que podem estar relacionados com a ocorrência de afluências indevidas no sistema de drenagem expostos no relatório anual da ERSAR.

Tabela 4.6 Volumes de água residual faturada e tratada pelas Águas do Centro Litoral, em 2017

Entidade	Variável	Volume (m ³ /ano)
AdCL	Água residual faturada (AF)	69 612 810
	Água residual tratada (AT)	76 035 214
	AT-AF	6 422 404

Como entidade em “alta”, a AdCL gere maiores volumes de água residual do que as entidades em “baixa” como o caso das AV. Desta forma, é natural que a diferença entre os seus volumes de água

faturada e volume de água tratada apresente maior disparidade de valores. Para além disso, segundo os dados da ERSAR, os coletores geridos pela AdCL apresentam um comprimento de 857 km em 2017. Tendo em conta os dados apresentados, constata-se que a ferramenta elaborada nesta dissertação poderia apresentar inúmeras vantagens caso a sua aplicação fosse realizada numa rede em alta. Isto é, seria vantajoso para as entidades gestoras destes sistemas devido ao tamanho das suas redes. A utilização da ferramenta proporcionaria a avaliação das várias áreas do sistema e informaria a entidade sobre zonas prioritárias de intervenção: as que reúnem um conjunto de características que lhes confere maior suscetibilidade ao aparecimento destes caudais excedentários.

No caso da AdCL, a entidade nos últimos anos tem realizado vários esforços financeiros de modo garantir a estanqueidade dos seus coletores e acessórios. A aplicação desta ferramenta seria útil para fornecer um suporte de decisão de priorização de intervenções neste âmbito.

4.3.2 ÁGUAS DE VALONGO, S.A

A ETAR de Ermesinde e Alfena foi dimensionada para uma população equivalente de 50 000 habitantes no ano 1995 e 67 000 habitantes no horizonte projeto de 2015. Em 2015, a ETAR de Ermesinde e Alfena tratou em média, cerca de 10 184 m³/dia de água residual, com precipitação média de 2,5 mm/dia, servindo, aproximadamente, uma população equivalente de 63 208 habitantes. [49]

Recorrendo aos dados da ERSAR relativos ao ano de 2015, determinou-se os valores de água residual faturada e de água residual tratada nas respetivas ETAR do Concelho. Por outro lado, utilizando os dados fornecidos pela AV, encontra-se outro indicador desta discrepância nos volumes de água medidos à entrada da ETAR de Ermesinde e Alfena, no ano 2015. Na Tabela 4.7, averigua-se as diferenças entre estes valores.

Tabela 4.7 Volumes de água residual faturada e tratada pelas ETAR do Concelho de Valongo, em 2015

Local de medição	Variável	Volume (m ³ /ano)
Estações de tratamento do Concelho de Valongo	Água residual faturada (AF)	3 782 726
	Água residual tratada (AT)	8 715 412
ETAR Ermesinde e Alfena	Água medida à entrada	3 591 031
	AT-AF	4 932 686

Pela análise da Tabela 4.7, verifica-se que a diferença dos valores entre a água faturada e a água tratada é abrupta, sendo que a água que é tratada apresenta um valor que é mais do dobro do que a água que é faturada. Da mesma forma, o volume de água medido, no ano de 2015, à entrada da ETAR Ermesinde e Alfena, representa quase na totalidade o valor da água residual faturada pelas duas ETAR.

Após executar o mesmo tipo de análise mas agora para o ano de 2016, obteve-se os seguintes resultados apresentados na Tabela 4.8.

Tabela 4.8 Volumes de água residual faturada e tratada pelas ETAR do Concelho de Valongo, em 2016

Local de medição	Variável	Volume (m ³ /ano)
Estações de tratamento do Concelho de Valongo	Água residual faturada (AF)	3 893 823
	Água residual tratada (AT)	9 773 551
ETAR Ermesinde e Alfena	Água medida à entrada	4 449 836
	AT-AF	5 879 728

Observando a Tabela 4.8, verifica-se que a diferença dos valores entre a água faturada e a água tratada aumentou em 2016. Consequentemente, o volume de água medido à entrada da ETAR Ermesinde e Alfena, no ano de 2016, também aumentou significativamente. A Tabela 4.9 mostra a variação percentual dos volumes analisados de 2015 para 2016.

Tabela 4.9 Variação percentual dos volumes de água residual faturada e tratada pelas ETAR, entre 2015 e 2016

Local de medição	Variável	Variação 2015- 2016
Estações de tratamento do Concelho de Valongo	Água residual faturada (AF)	+ 3%
	Água residual tratada (AT)	+ 11%
ETAR Ermesinde e Alfena	Água medida à entrada	+19%
	AT-AF	+16%

Na Tabela 4.9, constata-se que todos os volumes de água aumentaram do ano de 2015 para o ano de 2016. Na verdade, através dos registos de precipitação fornecidos, determinou-se que o ano de 2016 foi um ano com maior pluviosidade do que 2015. No entanto, esses dados só vêm confirmar que as AV apresentam problemas no seu sistema de drenagem relacionados com as afluências indevidas.

Através dos resultados de um estudo realizado no âmbito da análise do ciclo de vida para a rede de drenagem de águas residuais em Valongo, estimou-se um custo unitário de tratamento por cada m³ de caudal afluente na ordem dos 0,019 €/m³. [12]

Multiplicando este custo unitário de tratamento pela diferença entre o volume de água faturado e o volume de água tratada, obtém-se os seguintes valores apresentados na Tabela 4.10.

Tabela 4.10 Custo anual do tratamento de afluências indevidas nas ETAR do Concelho de Valongo, em 2015 e 2016

Ano	AT – AF (m ³ /ano)	Custo anual de tratamento de afluências indevidas (€/ano)
2015	4 932 686	93 721
2016	5 879 728	111 715

De salientar que o valor do custo unitário utilizado para calcular o custo anual de tratamento de afluências indevidas foi estimado com base num estudo que remonta ao ano de 2010, pelo que o valor poderá ser um pouco diferente atualmente. No entanto, não deixa de ser um valor plausível para este tipo de análise e, certamente, um valor aproximado dos gastos anuais que a AV apresenta devido aos caudais excedentários que chegam à ETAR.

A implementação da ferramenta elaborada nesta dissertação permitiria identificar as zonas mais problemáticas ao nível de afluências indevidas do sistema de drenagem do Concelho de Valongo. Portanto, do ponto de vista estratégico-financeiro de uma entidade gestora, seria uma solução mais viável dado que, através dos vários pontos de medição, conseguir-se-ia localizar as bacias que mais contribuem para estas causas e definir as prioridades de atuação.

Portanto, entre as várias soluções que são, normalmente, utilizadas para mitigar estas ocorrências, tem-se:

- Reabilitação do sistema de drenagem e dos materiais com graves problemas de estanqueidade e de conservação;
- Detecção das fontes de infiltração com recurso à inspeção vídeo, inspeção das câmaras de visita, execução de testes de estanqueidade e recurso a testes de fumo;
- Adaptação da ETAR às novas condições de drenagem, aumentando a capacidade dos tanques de regularização dos caudais afluentes, devido ao previsível aumento dos volumes de efluentes recolhidos pelos sistemas de drenagem de águas residuais.

No caso da aplicação destas soluções, a ferramenta poderia otimizar o processo de deteção de fontes de infiltração, localizando os locais mais suscetíveis através da análise que efetua das características de cada bacia. Relativamente à adaptação da ETAR às novas condições de drenagem, esta ferramenta permite colocar vários valores que não têm necessariamente de ser os valores reais, com vista a estudar o comportamento da rede na presença de situações pontuais. Por fim, no que diz respeito à reabilitação de condutas, pode impedir que sejam realizadas reabilitações em zonas que, naquele momento, não apresentam os maiores contributos para os caudais excendutários, comparativamente ao resto do sistema.

Finalmente, conclui-se que o valor gasto em tratamento de águas provenientes de afluentes indevidas poderia ser utilizado para garantir um melhor desempenho das redes. Note-se que, em 2016, foram gastos mais de 100 000 € a tratar estes volumes, sendo que este valor tem tendência a crescer caso os anos seguintes sejam anos “húmidos” e/ou devido ao envelhecimento e desgaste do material. Por isso, haveria, decerto, vantagens da implementação da ferramenta neste sistema tanto ao nível económico-financeiro como à simplificação de processos aquando da análise prévia das afluentes indevidas na rede.

METODOLOGIA DE ANÁLISE E PRIORIZAÇÃO DE INTERVENÇÕES

5.1 Ferramenta de apoio à decisão

A elaboração da ferramenta de apoio à decisão enquadra-se no âmbito das Tecnologias de Informação, mais concretamente nos instrumentos de engenharia e tem em vista contribuir, como aspeto inovador, com a proposta de um sistema de análise e priorização de afluências indevidas em sistemas drenagem urbana. Esta metodologia tem por base a aplicação quer à escala da bacia (sistema global ou subsistema) quer à escala do elemento (coletor ou descarga), consoante a informação de base disponível nas entidades gestoras dos sistemas.

Considerando o âmbito e objetivos da presente dissertação e o seu enquadramento empresarial, a ferramenta pretende alcançar os seguintes objetivos:

- Utilização intuitiva e simples, em especial no que respeita à exigência do tipo de informação necessária sobre os sistemas de drenagem urbana;
- Apresentação de resultados de avaliação relevantes e facilmente interpretáveis pelos responsáveis pela gestão técnica dos sistemas;
- Contribuir para o processo de tomada de decisão, ao nível da intervenção nas zonas do sistema de drenagem que apresentam um maior risco de ocorrência de afluências indevidas.

A ferramenta de apoio à decisão tem o nome de *FerramentaAI* e pretende dar resposta à problemática das afluências indevidas, realizando uma análise simultânea de vários tipos de informação não só das redes de drenagem como também de todo o seu meio envolvente.

A estruturação da ferramenta baseou-se nos seguintes princípios:

- Recolha e Sistematização dos dados relevantes à análise das afluências indevidas na rede de drenagem;
- Seleção de método para quantificar as afluências indevidas;
- Identificação dos indicadores de desempenho;
- Desenvolvimento de sistema de avaliação da rede recorrendo aos valores calculados pelos indicadores de desempenho;
- Desenvolvimento de sistema de avaliação da rede tendo em conta as características da bacia;
- Análise de priorização de intervenção dessa rede ou secção da rede.

O *software* usado para a construção da *FerramentaAI* foi o *Microsoft Office Excel 2003* (a partir de aqui apenas referido como Excel), associado à *Microsoft Visual Basic for Applications* (designado pela sigla VBA), uma aplicação que permite controlar as atividades no Excel através de linguagem de programação. A Figura 5.1 apresenta, esquematicamente, a estrutura e o modo de funcionamento da *FerramentaAI*.

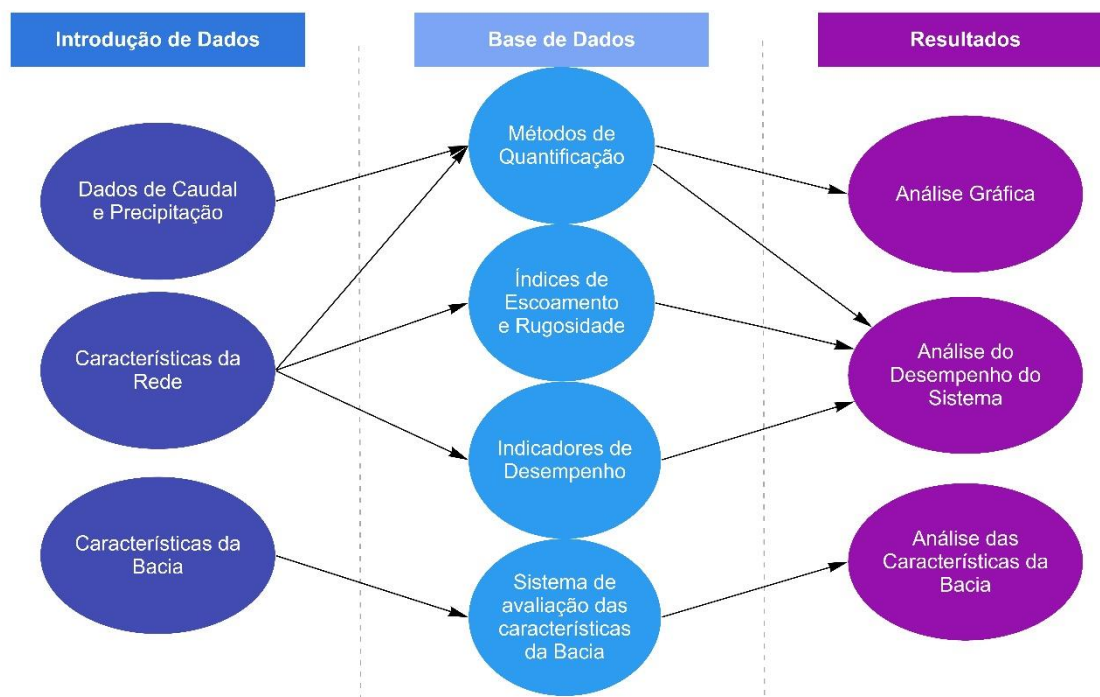


Figura 5.1 Representação esquemática do modo de funcionamento da *FerramentaAI*.

Fundamentalmente, o modo de funcionamento da ferramenta elaborada inicia-se pela introdução de dados relativos ao caudal e precipitação registados na rede que se pretende analisar, assim como as características dessa mesma rede e da bacia envolvente. Seguidamente, os dados introduzidos serão utilizados na “Base de Dados”, onde encontram-se bases de cálculo já preparadas para receber os valores. Por fim, após a obtenção dos valores pretendidos, na folha “Resultados” são apresentados os gráficos, tabelas e textos, nos quais é possível retirar conclusões acerca da prioridade de intervenção na rede relativamente às afluências indevidas.

Nos próximos subcapítulos, apresenta-se o Excel e explicam-se as várias etapas de construção da ferramenta. Simultaneamente, descreve-se os passos que o utilizador deve seguir para utilizar corretamente a ferramenta.

5.1.1 INTRODUÇÃO DE DADOS


Na folha “IntroduçãoDados”, a ferramenta encontra-se dividida em três pontos principais: Caudal e Precipitação, Características da Rede e Características da Bacia. Na Figura 5.2 apresenta-se esta folha na íntegra.

Introdução de Dados			
<u>Dados de Caudal e Precipitação</u>			
-	<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px; display: inline-block;">Introduzir Dados</div>	para introduzir os dados de Caudal e Precipitação.	
-	Método de Quantificação	<div style="border: 1px solid #ccc; height: 20px; width: 100%;"></div>	
<u>Características da rede / Secção da rede</u>			
-	Número de Clientes	<div style="border: 1px solid #ccc; width: 80px; height: 20px;"></div>	- Nº de ramais <div style="border: 1px solid #ccc; width: 80px; height: 20px;"></div>
-	Volume de água abastecida (m3/d)	<div style="border: 1px solid #ccc; width: 80px; height: 20px;"></div>	- Idade das condutas (anos) <div style="border: 1px solid #ccc; width: 80px; height: 20px;"></div>
-	Diâmetro da conduta (m)	<div style="border: 1px solid #ccc; width: 80px; height: 20px;"></div>	
-	Comprimento da rede na área em estudo (km)	<div style="border: 1px solid #ccc; width: 80px; height: 20px;"></div>	
-	Nº caixas de visita	<div style="border: 1px solid #ccc; width: 80px; height: 20px;"></div>	
-	Inclinação (m/m)	<div style="border: 1px solid #ccc; width: 80px; height: 20px;"></div>	
-	Material das condutas		
	Tipo	<div style="border: 1px solid #ccc; width: 100px; height: 20px;"></div>	Extensão do coletor (km) <div style="border: 1px solid #ccc; width: 40px; height: 20px;"></div>
	Tipo	<div style="border: 1px solid #ccc; width: 100px; height: 20px;"></div>	Extensão do coletor (km) <div style="border: 1px solid #ccc; width: 40px; height: 20px;"></div>
	Tipo	<div style="border: 1px solid #ccc; width: 100px; height: 20px;"></div>	Extensão do coletor (km) <div style="border: 1px solid #ccc; width: 40px; height: 20px;"></div>
<u>Características da Bacia</u>			
-	Ocupação do solo		
	Tipo	<div style="border: 1px solid #ccc; width: 250px; height: 20px;"></div>	Porcentagem <div style="border: 1px solid #ccc; width: 40px; height: 20px;"></div>
	Tipo	<div style="border: 1px solid #ccc; width: 250px; height: 20px;"></div>	Porcentagem <div style="border: 1px solid #ccc; width: 40px; height: 20px;"></div>
	Tipo	<div style="border: 1px solid #ccc; width: 250px; height: 20px;"></div>	Porcentagem <div style="border: 1px solid #ccc; width: 40px; height: 20px;"></div>
-	Proximidade a níveis freáticos	<div style="border: 1px solid #ccc; width: 40px; height: 20px;"></div>	
-	Tráfego	<div style="border: 1px solid #ccc; width: 40px; height: 20px;"></div>	(Legenda: 0- Rural 5- Zona Urbana com elevado tráfego)
			Análise

Figura 5.2 Folha “IntroduçãoDados” da *FerramentaAI*.

Para introduzir os dados referentes ao Caudal e Precipitação, seleciona-se o botão “Introduzir Dados” que dirige o utilizador para a folha “Conversão” na qual é solicitado que coloque os registos que dispõe de caudal e precipitação relativos à rede ou secção de rede que pretende analisar. Nesta folha de cálculo, os dados a introduzir devem conter informação com um intervalo de tempo de 1 ano e podem ser colocados em base horária ou em base diária. Caso os dados estejam em base horária, deve-se utilizar o botão “Converter” para executar a conversão para dados diários que, por sua vez, é a base de cálculo empregada para a elaboração dos métodos de quantificação e indicadores de desempenho. Importa ainda referir que a ferramenta não está, ainda, preparada para receber informação de anos bissextos. Por isso, nesses casos, deve-se colocar os dados conforme explicado anteriormente, mas sem incluir os registos relativos ao dia 29 de fevereiro.

Devido à quantidade de dados que apresenta a folha “Conversão”, na Figura 5.3 é apresentado apenas um excerto desta folha.



Duas informações importantes:

1. Caso os dados sejam introduzidos em Base Horária, seguidamente deve-se clicar no botão “Converter” para que seja realizada a conversão para Base Diária. Após este processo, clicar no botão “Voltar à Introdução de Dados”.

2. Caso os dados introduzidos sejam provenientes de um ano bisesto, deve-se desprezar dados afetos ao dia 29 de Fevereiro.

Converter

Base Horária

Data	Hora	Caudal de Chegada (m3/h)	Pluviosidade (mm)

Base Diária

Data	Caudal diário (m3/d)	Pluviosidade (mm)

Voltar à Introdução de Dados

Figura 5.3 Excerto da folha “Conversão” da *FerramentaAI*.

Seguidamente, pode eleger o método de quantificação de afluências indevidas que a ferramenta irá considerar para proceder ao cálculo. Porém, alguns dos métodos citados ainda se encontram em desenvolvimento e como tal, nesta versão, ainda não vão estar disponíveis para quantificar as afluências indevidas. A seleção do método de quantificação tem influência não só na determinação da quantidade e tipologia das afluências como também no cálculo dos indicadores de desempenho da rede.

Quanto às características da rede ou secção de rede (Figura 5.2), o utilizador deverá, inicialmente, colocar o número de clientes e/ou o consumo faturado dessa rede. Este processo tem influência na determinação do caudal doméstico residual. No caso de se preencher os valores de ambos os parâmetros, será utilizado o volume de água abastecida em detrimento do número de clientes na determinação do valor do caudal doméstico devido à maior fiabilidade que auferir aos resultados que se pretende obter.

Neste setor, o utilizador deve introduzir o diâmetro da conduta, a idade, o comprimento da rede, o declive e o número de caixas de visita da rede ou secção que pretende analisar. Para além disso, o utilizador deve seleccionar, dentro da lista de materiais apresentados, o material das condutas. Neste caso, sabendo que os coletores podem ser compostos por diferentes tipos de materiais ao longo da rede, deve-se ter em conta o tipo de material que compõe cada parte da rede e a extensão do coletor que apresenta esse mesmo tipo de material. Pela Figura 5.4, é possível compreender, concretamente, esta indicação.

Material das condutas

Tipo	<div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>		Extensão do coletor (km)	<div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 20px;"></div>
Tipo	<div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>		Extensão do coletor (km)	<div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 20px;"></div>
Tipo	<div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>		Extensão do coletor (km)	<div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 20px;"></div>

Figura 5.4 Introdução do material das condutas na folha “IntroduçãoDados”.

De referir que a ferramenta encontra-se limitada à introdução de três tipos diferentes de material dos coletores e o somatório das extensões dos coletores não deve ultrapassar o comprimento total do coletor. Esta informação é relevante, sobretudo, para a estimativa do caudal de secção de cheia (Q_{sc}) que terá influência no cálculo dos indicadores de desempenho. O tópico referente aos indicadores de desempenho será desenvolvido doravante, no subcapítulo “Base de Dados”.

No último ponto, é pedido ao utilizador que caracterize a bacia, onde se encontra a rede de drenagem em estudo, no que diz respeito à ocupação do solo. Adicionalmente, também deve referir que percentagem do solo da bacia é ocupada por esse tipo de zona. A introdução deste parâmetro baseia-se no mesmo método de introdução do material das condutas.

Solicita-se ao utilizador que informe a ferramenta acerca da proximidade aos níveis freáticos, colocando “Sim” ou “Não” no local de introdução de dados. Finalmente, o utilizador também deve referenciar o nível de tráfego na zona onde se encontra a rede de drenagem em estudo, dentro de uma pontuação pré-definida no local de introdução de dados. A caracterização da bacia tem em vista a elaboração de uma análise qualitativa da rede, focando-se nestes três pontos supramencionados.

5.1.2 BASE DE DADOS

O separador “Base de Dados”, presente na ferramenta, apresenta vários tipos de informação, que serão selecionadas de forma automática e de acordo com as escolhas realizadas na introdução de dados. Para facilitar a aplicação da ferramenta, os dados encontram-se representados em tabelas de modo a servir de referência na estruturação e organização e são utilizadas na simulação dos resultados. Todas as tabelas inseridas na “Base de Dados” poderão ser expandidas ou comprimidas, recorrendo ao botão “Expandir Dados”. Esta secção, apresentada na Figura 5.5, pode ser consultada pelo utilizador para verificar como se desenvolveram os cálculos que serão apresentados nos “Resultados”.

Para garantir a versatilidade desta ferramenta, a base de dados será acessível para o utilizador alterar os valores tabelados, se considerar necessário.

<i>Base de Dados</i>	
<u>Métodos de Quantificação</u>	
Mínimo Móvel 21 dias	Expandir dados
Mínimo Móvel 7 dias	Expandir Dados
<u>Índices de rugosidade e escoamento</u>	
Valores de Ks para a fórmula de Manning-Strickler	Expandir Dados
Coefficiente de Escoamento (C)	Expandir Dados
<u>Indicadores de Desempenho</u>	
Indicadores de Desempenho - Caudal Infiltração	Expandir Dados
Indicadores de Desempenho - Caudal afluentes indevidas	Expandir Dados

Figura 5.5 Folha “Base de Dados” da *FerramentaAI*.

5.1.2.1 Métodos de Quantificação

O procedimento de cálculo dos métodos de quantificação integrados na ferramenta está presente na Base de Dados. Nesta primeira versão da ferramenta, apenas dois dos métodos introduzidos estão completamente operacionais. Um destes métodos é denominado o método do Mínimo Móvel que consiste em calcular o volume de infiltrações diretas e indiretas, ao longo de um dado período,

correspondendo à diferença entre o mínimo móvel e entre o caudal médio de origem doméstica, sendo que o mínimo móvel se refere ao valor mínimo de caudal afluente registado nos 21 dias precedentes.

No entanto, tendo em conta que o período de 21 dias definido, por Weiß *et al.* (2002), para a obtenção do mínimo móvel foi realizado na Alemanha em que a precipitação é de menor concentração e de maior distribuição temporal, procedeu-se à análise do impacto da alteração nesse período de 21 dias para períodos de 7 dias, de forma a moldar o método às características da precipitação em Portugal, onde ocorrem em períodos bastante mais curtos e, consequentemente, mais concentrados. [27]

Desta forma, foram colocados os seguintes métodos de quantificação: Mínimo Móvel 21 dias e Mínimo Móvel 7 dias. O Mínimo Móvel encontra-se descrito no subcapítulo “Métodos de quantificação em fase de exploração” presente no capítulo 3.

Resumidamente, estes métodos permitem, recorrendo ao caudal diário introduzido e ao caudal doméstico, determinar o Caudal Mínimo Móvel (Q_{MM}). A partir deste caudal, o método calcula o Caudal de Infiltração (Q_{INF}) e consequentemente o Caudal de Escoamento Superficial (Q_{ESC}) e o Caudal de Afluências Indevidas (Q_{AI}) que por sua vez, é o somatório do Q_{INF} e do Q_{ESC} .

Para determinar o caudal doméstico afluente à rede ($Q_{doméstico}$), utiliza-se os dados introduzidos relativos ao número de clientes e/ou volume de água abastecida na folha “IntroduçãoDados”. Os dados introduzidos entram no cálculo do caudal residual doméstico da rede em estudo, definido na folha “Base de Dados”.

Caso seja colocado o número de clientes afetos à área em estudo, estima-se que cada cliente albergue em sua casa, em média, 3 habitantes e que a sua capitação seja na ordem dos 120 a 150 L/habitante/dia e através da seguinte equação determina-se o caudal doméstico residual diário:

$$Q_{doméstico} \left(\frac{L}{dia} \right) = 3 \times \text{Número de clientes} \times \text{Capitação} \left(\frac{L}{hab.dia} \right) \quad (5.1)$$

No caso de ser colocado o valor do volume de água abastecida da secção de rede em estudo, estima-se que 80% do volume de água abastecida ($V_{água\ abast.}$) seja convertido em água residual ($Q_{doméstico}$). Posto isto, tem-se:

$$Q_{doméstico} \left(\frac{L}{dia} \right) = 0,8 \times V_{água\ abast.} \left(\frac{L}{dia} \right) \quad (5.2)$$

Caso sejam colocados ambos os valores, prevalece no cálculo o volume de água abastecida pois, comparando com o número de clientes, os resultados apresentados são mais fiáveis.

5.1.2.2 Indicadores de Desempenho

O procedimento de cálculo dos indicadores de desempenho encontra-se, também, na Base de Dados. Aqui, foram seleccionados os indicadores adequados para avaliar não só o impacto da infiltração como também o impacto do escoamento superficial direto no desempenho dos sistemas de separativos. Deste modo, colocou-se na Base de Dados, os indicadores de desempenho propostos pelo LNEC que por sua vez, já foram descritos no subcapítulo “Indicadores de Desempenho”, presente no capítulo 3: (Cardoso, Almeida, and Coelho 2002; Cardoso 2008):

- **ID1:** $\frac{Q_{inf}}{Q_{sc}}$ – Utilização da capacidade da secção cheia em tempo seco;
- **ID2:** $\frac{Q_{inf}}{Q_{mts}}$ – Proporção do caudal de tempo seco;
- **ID3:** $\frac{Q_{inf}}{C_{visita}} \text{ (m}^3/\text{s)}$ – Caudal unitário por câmara de visita;

- ID4: $\frac{Q_{inf}}{L_{Coletor}} \left(\frac{m^3}{s/km} \right)$ – Caudal unitário por comprimento do coletor;
- ID5: $\frac{Q_{inf}}{ramais_{domésticos}} \left(\frac{m^3}{dia} \right)$ – Caudal unitário de infiltração por ramal doméstico;
- ID6: $\frac{Q_{AI}}{Q_{SC}}$ – Utilização da capacidade da secção cheia em tempo de chuva;
- ID7: $\frac{V_{AI}}{V_{mts}} \left(\frac{m^3}{dia} \right)$ – Proporção do volume em tempo de chuva.

A aplicação dos primeiros cinco indicadores citados, ou seja, do ID1 até ao ID5, foi realizada conforme a proposta do LNEC, seguindo todas as instruções mencionadas. Estes indicadores foram calculados apenas nos dias de “tempo seco”, sendo que se definiu “tempo seco” como os dias nos quais não foi registada pluviosidade.

No cálculo destes indicadores, o caudal de infiltração (Q_{INF}), foi determinado pelo método de quantificação selecionado na Introdução de Dados.

Relativamente ao cálculo do indicador ID1 - Utilização da capacidade de secção de cheia, necessitou-se de obter o valor do caudal de secção de cheia (Q_{SC}). Para tal, recorreu-se, novamente, à equação de *Manning-Strickler*, designada nesta dissertação pela equação 4.1.

Anteriormente, esta equação foi utilizada na conversão de uma altura de água, medida por um sensor de nível, em caudal. No entanto, nesta fase, pretende-se estimar o caudal de secção de cheia, sendo que o valor da área de secção molhada (A) é igual à área total do escoamento (A_T).

$$A_T = \pi \left(\frac{D^2}{4} \right) \quad (5.3)$$

Do mesmo modo, o raio hidráulico (R_h) obtém-se pelo quociente da área total da secção do escoamento pelo perímetro da secção do escoamento.

$$R_h = \frac{\pi \frac{D^2}{4}}{2\pi \frac{D}{2}} \rightarrow R_h = \frac{D}{4} \quad (5.4)$$

Posto isto, são utilizados os parâmetros inseridos na folha “IntroduçãoDados” relativos ao diâmetro do coletor, material do coletor e a inclinação da secção de medição para determinar o valor de Q_{SC} . Importa mencionar que o valor da inclinação que deveria ser utilizado neste cálculo, deveria ter em conta não só a secção de medição como também as restantes inclinações dos coletores da rede. Porém, devido à quantidade de câmaras de visita e coletores existentes nas redes em estudo, torna-se impraticável o tratamento de todos esses dados. Desta forma, afirma-se que o tratamento destes dados deverá ser tido em conta como um ponto a desenvolver em futuras versões da *FerramentaAI*.

Para o cálculo do indicador ID2 - Proporção do caudal em tempo seco, o caudal médio em tempo seco (Q_{MTS}) obteve-se pela média dos valores de caudal diário registados ao longo do ano em estudo, em “tempo seco”.

Os indicadores ID3, ID4 e ID5 foram estimados com recurso aos restantes valores introduzidos pelo utilizador na folha “IntroduçãoDados”, na secção referente às características da rede, como o número de câmaras de visita (C_{VISITA}), comprimento do coletor ($L_{COLETOR}$) e quantidade de ramais ($ramais_{domésticos}$), respetivamente.

Nos indicadores de desempenho ID6 e ID7, foi feita uma adaptação da proposta do LNEC de modo a ir de encontro, com os dados disponíveis, aos resultados que se pretende da ferramenta. Estes indicadores

foram calculados em “tempo de chuva”, ou seja, apenas nos dias onde foram registados eventos pluviométricos.

Na verdade, a utilização destes indicadores tem como objetivo estudar a influência do escoamento superficial nas redes em estudo. Para estes casos, é utilizado o caudal de afluentes indevidas (Q_{AI}), calculado pelo método de quantificação selecionado e cujo valor consiste no somatório dos caudais de infiltração e dos caudais de escoamento superficial. Analogamente ao ID1, no qual se pretende avaliar a utilização da capacidade da secção cheia em tempo seco, recorrendo ao valor do caudal de infiltração (Q_{INF}), o indicador ID6 pretende avaliar essa mesma capacidade a partir do quociente do Q_{AI} , determinado em tempo de chuva, pelo caudal de secção cheia (Q_{SC}).

O ID7 demonstra qual é a proporção do volume de água proveniente das afluentes indevidas (V_{AI}) relativamente ao valor do volume médio de águas residuais de tempo seco (V_{mts}) acrescentando a componente do escoamento superficial ao caudal de infiltração. Escolheu-se o período de referência de um dia de modo a tornar direta a conversão de unidades. Ou seja, o caudal encontra-se em m^3/d e, tomando como referência o período de 1 dia, obtém-se o valor dos volumes de afluentes indevidas. No que diz respeito ao volume médio de águas residuais de tempo seco, utilizou-se o valor do caudal doméstico calculado anteriormente e, tomando como período de referência 1 dia, procedeu-se à conversão para volume.

Este indicador permite aferir o peso que o volume de água das afluentes indevidas tem relativamente ao volume de águas residuais de tempo seco. Caso seja aplicado ao volume que chega à estação de tratamento, fornece informação sobre o peso que as afluentes indevidas podem ter nos encargos com o tratamento.

5.1.2.3 Coeficiente de rugosidade (K_s) e Coeficiente de escoamento (C)

Os valores do coeficiente K_s podem ser consultados com recurso à seguinte Tabela 4.3, colocada na Base de Dados com vista a simplificar e automatizar o processo de obtenção deste parâmetro do ponto de vista do utilizador. Como já foi referido anteriormente, na folha de Introdução de Dados é pedido ao utilizador que selecione, dentro do conjunto de materiais expostos no comando, os materiais constituintes das condutas. Selecionado o material das condutas e colocada a respetiva extensão, a ferramenta recorre à Tabela 4.3 e através da equação 5.5, faz uma ponderação do valor de K_s .

$$K_s = \sum \frac{L_n}{L_{coletor}} \times K_{s_n} \quad (5.5)$$

Em que:

L_n (km) – Extensão do coletor composto pelo material n ;

$L_{coletor}$ (km) – Extensão total dos coletores

$K_{s_n} \left(m^{\frac{1}{3}} \cdot s^{-1} \right)$ – Coeficiente de rugosidade do material n ;

n – Tipo de material constituinte dos coletores;

Ao nível da ocupação do solo, a cada uma das zonas definidas pelo utilizador na folha “IntroduçãoDados”, está delineada uma gama de valores médios de coeficiente de escoamento de forma a determinar a permeabilidade da bacia, como mostra a seguinte Tabela 5.1.

Tabela 5.1 Valores médios do coeficiente de escoamento [50]

Ocupação do solo	C
Zonas Verdes	0,1 – 0,35
Zonas comerciais	
Centro da Cidade	0,70 – 0,95
Periferia	0,50 – 0,70
Zonas Residenciais	
Habitações individuais no centro da cidade	0,30 – 0,50
Habitações individuais na periferia	0,25 – 0,40
Habitações coletivas	0,50 – 0,70
Telhados e coberturas	0,75 – 0,95
Zonas Industriais	0,50 – 0,90

Com o intuito de determinar a impermeabilidade da bacia através do tipo e da percentagem de ocupação do solo, compôs-se a seguinte equação:

$$\text{Impermeabilidade da bacia} = \sum_{n=3} (\%_{\text{ocupação do solo}} \times C_n) \quad (5.6)$$

Onde:

$\%_{\text{ocupação do solo}}$ – Percentagem de ocupação do solo definido pelo utilizador;

C_n – Coeficiente de ocupação do solo;

n – Tipo de ocupação do solo.

Através desta equação, o utilizador pode definir os vários tipos de solo e atribuir percentagens de ocupação e consoante a proximidade do resultado ao valor 1, a bacia é caracterizada em termos de impermeabilidade. Ou seja, quanto mais próximo o valor de 1, mais impermeável será a bacia e mais suscetível será ao aparecimento de afluências indevidas por escoamento superficial em dias onde se registem eventos pluviométricos.

Todos estes cálculos têm como objetivo a obtenção de valores que permitem analisar o estado da rede em estudo e avaliar a prioridade da sua intervenção. Posto isto, na folha “Resultados”, apresentada seguidamente, todos os gráficos, tabelas e textos desenvolvidos baseiam-se nos valores calculados nesta folha.

5.1.3 RESULTADOS

A folha “Resultados”, presente na Figura 5.6, apresenta todos os resultados calculados através das informações colocados na introdução de dados. Esta folha está dividida em quatro partes: Análise Anual, Indicadores de Desempenho, Análise Diária e Análise das características da bacia.

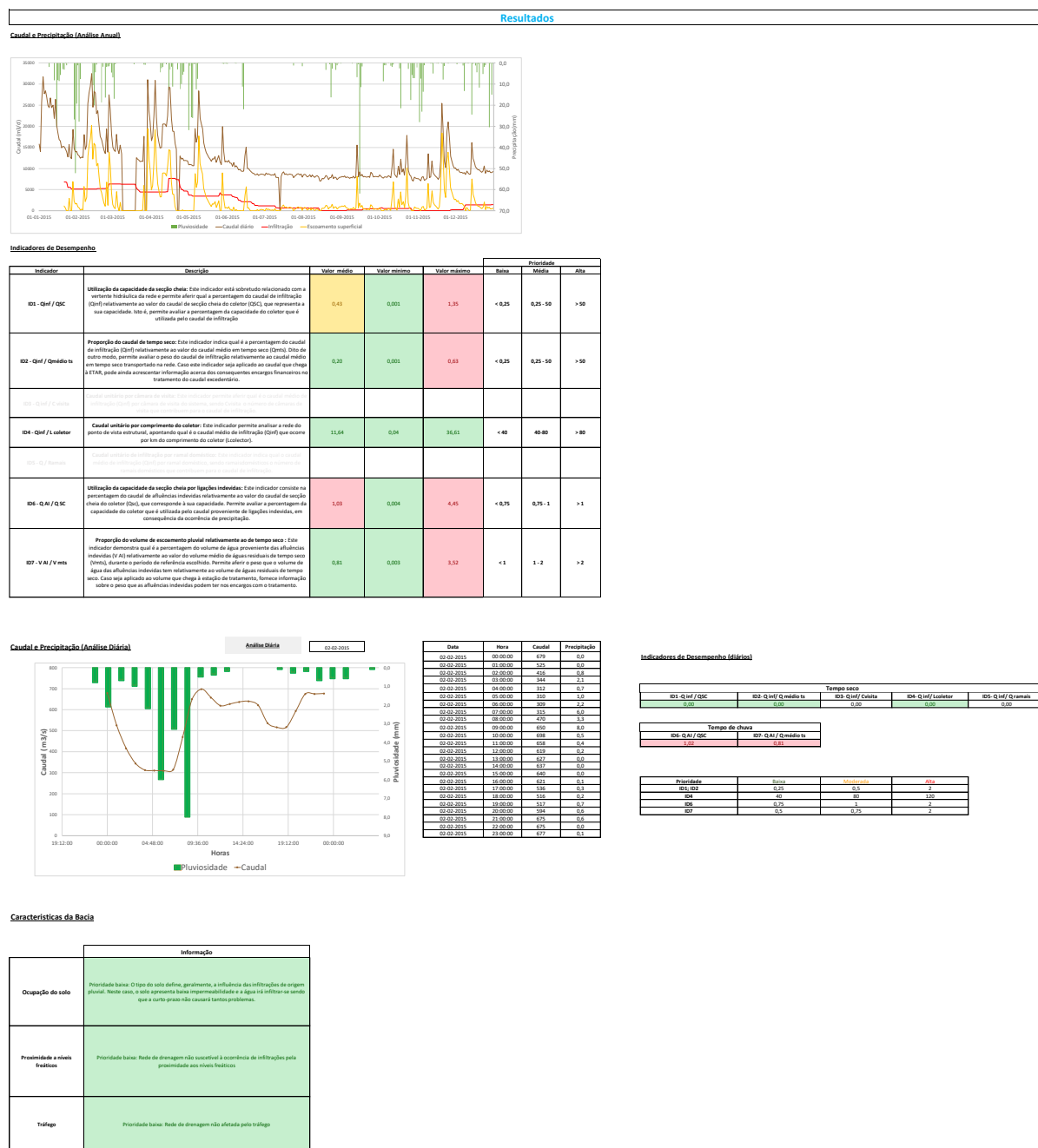


Figura 5.6 Folha “Resultados” da FerramentaAI.

5.1.3.1 Análise Anual

Na primeira parte da folha “Resultados”, encontra-se um gráfico no qual representam-se os valores de caudal diário ao longo do ano, ou seja, neste gráfico pode-se verificar a relação entre o caudal diário e a sua variação ao longo de cada estação do ano. Com o auxílio dos valores de caudal de infiltração e caudal de escoamento superficial determinados pelo método Mínimo móvel, é possível analisar a diferenciação entre estes dois tipos de infiltração e avaliar a sua relevância para a rede de drenagem.

Para além disso, foram colocados neste gráfico os valores de precipitação diários registados ao longo do mesmo ano. A partir daqui, estuda-se o comportamento da rede aquando da presença de eventos pluviométricos e determina-se a influência da precipitação na rede e na ocorrência de afluências indevidas. Na Figura 5.7, apresenta-se um exemplo do gráfico apresentado na folha “Resultados”.

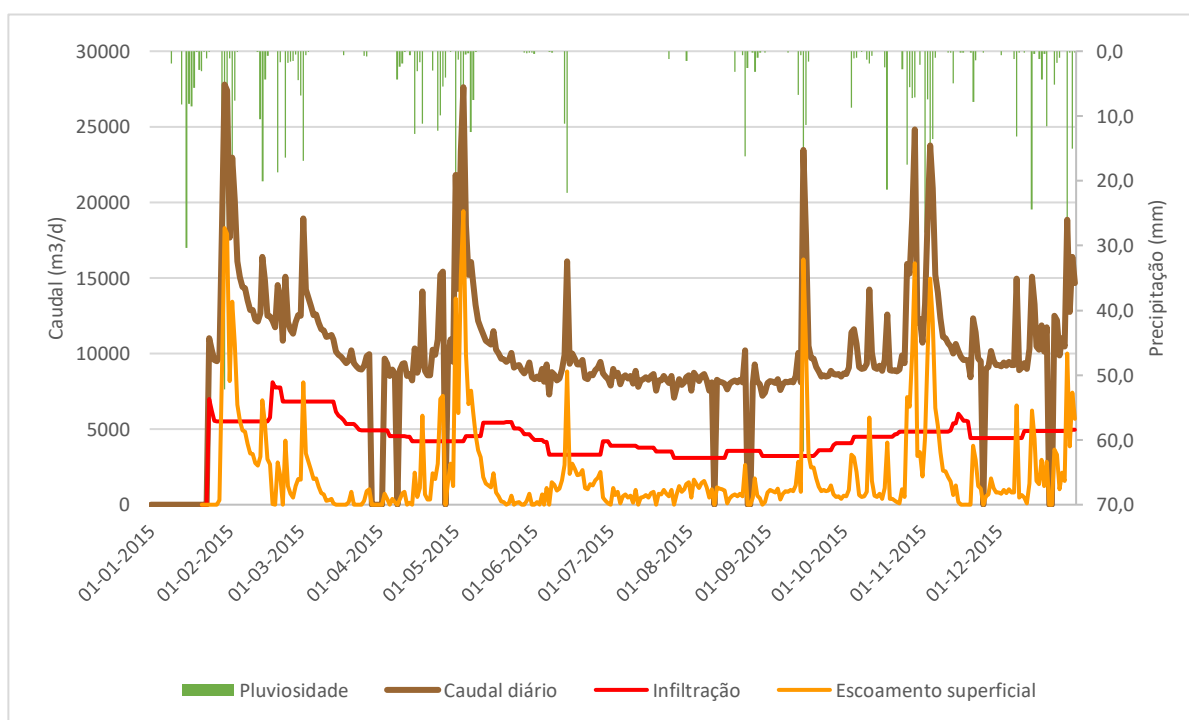


Figura 5.7 Exemplo de gráfico da análise anual efetuada na folha “Resultados”.

5.1.3.2 Indicadores de Desempenho

Na secção dos indicadores de desempenho, é apresentada a descrição de cada um dos indicadores avaliados de modo a que o utilizador compreenda em que se baseia o seu cálculo. Logo a seguir à descrição, são apresentados os respetivos valores médios, máximos e mínimos referentes ao ano em estudo. A cada um dos indicadores foi definida uma gama de valores para cada nível de prioridade de intervenção. Foi também atribuída uma cor para tornar mais intuitiva a sua interpretação. Por exemplo, se o valor médio do ID1 se encontrar abaixo dos 0,25, assume uma cor verde e a prioridade é considerada baixa (Tabela 5.2).

Tabela 5.2 Prioridade de intervenção, consoante os valores dos indicadores

Indicador	Prioridade		
	Baixa	Média	Alta
ID1	<0,25	0,25 - 50	> 50
ID2	<0,25	0,25 - 50	> 50
ID3			
ID4	<40	40-80	> 80
ID5			
ID6	<0,75	0,75 - 1	> 1
ID7	<1	1 - 2	> 2

As gamas de valores definidas para a maioria dos indicadores analisados tiveram como base o estudo realizado por Machado et al. (2012), descrito no capítulo 3, no subcapítulo “Indicadores de Desempenho”. Relativamente aos indicadores que foram adaptados à FerramentaAI, isto é, os indicadores ID6 e ID7, apenas o indicador ID7 sofreu uma mudança na gama de valores respeitantes a cada prioridade de intervenção. De facto, tendo em conta que o ID7 consiste no quociente entre o volume de afluências indevidas e o volume médio de águas residuais em tempo seco, pode-se afirmar que, no caso do valor deste indicador seja superior a 2, o volume de afluências indevidas vai ser o dobro do volume médio de água residual em tempo seco. Tendo em conta que ao volume de afluências indevidas ainda falta adicionar o valor do caudal doméstico, considera-se uma situação de prioridade máxima. As restantes gamas de valores estabelecidas provêm de alguns testes que foram realizados com diferentes dados.

Ainda sobre os indicadores de desempenho, o ID3 e o ID5 não se encontram preenchidos devido à elevada complexidade dos parâmetros essenciais ao seu cálculo. Na verdade, para determinar uma gama de valores de modo a avaliar a prioridade do ID3 e do ID5 seriam necessários os dados relativos às caixas de visita e ramais, respetivamente, responsáveis pela infiltração. Ora, só com base nos dados disponibilizados por ambas as entidades não é possível aferir quantas caixas e quantos ramais estão, por exemplo, danificados e que possam deste modo, contribuir para a ocorrência de infiltrações na rede. No entanto, considera-se que estes indicadores são extremamente importantes para avaliar o desempenho de uma rede e diagnosticar as causas das afluências. Assim, apesar de não poderem ser calculados nesta versão, permanecem na ferramenta para que, em futuras versões, possam ser desenvolvidos.

5.1.3.3 Análise Diária

Seguidamente, foi colocado um botão denominado de “Análise Diária” que permite realizar uma avaliação diária do comportamento da rede num determinado dia, dentro do intervalo do ano em estudo. Ou seja, caso o utilizador pretenda efetuar uma análise mais aprofundada de um dia, recorrendo a este botão pode procurar os valores de caudal, precipitação e indicadores de desempenho relativos a esse dia e com o auxílio de gráficos pré-definidos, pode analisar como foi o comportamento da rede. Por exemplo, se o utilizador pretender analisar o dia 5 de maio do ano de 2015, pode escrever “05-05-2015” e clicar no botão “Análise diária”. Desta forma, irá observar um gráfico semelhante ao da Figura 5.8.

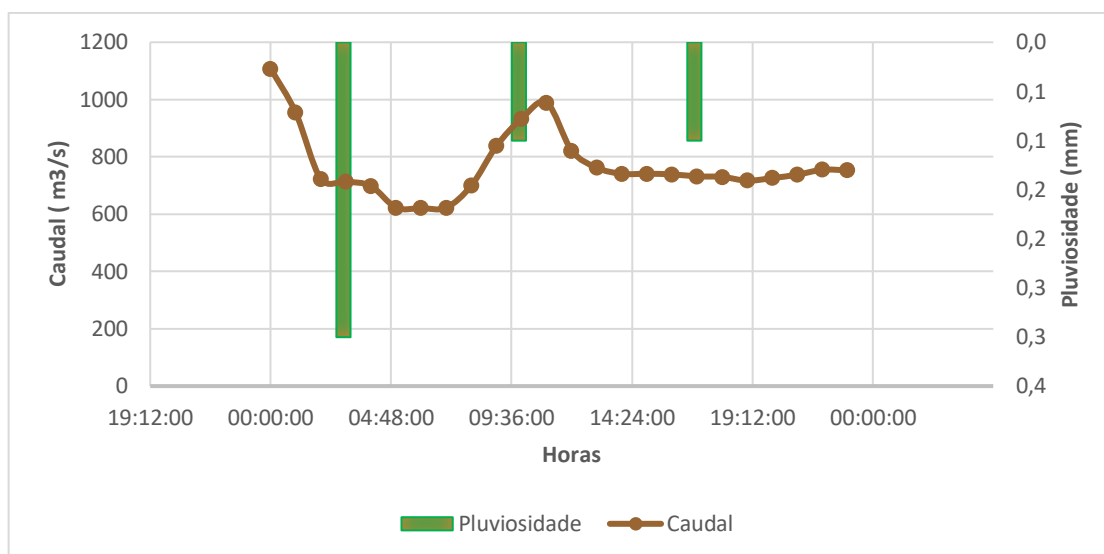


Figura 5.8 Exemplo de gráfico de análise diária da folha “Resultados”

Para além do gráfico, também é criada uma tabela onde estão expostos os valores dos indicadores de desempenho calculados apenas para este dia. A Tabela 5.3 apresenta um exemplo dos valores que aparecem discriminados para o dia 5 de Maio de 2015.

Tabela 5.3 Exemplo da tabela de indicadores de desempenho diários

Tempo seco				
ID1	ID2	ID3	ID4	ID5
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo de chuva				
ID6	ID7			
1,28	0,77			

5.1.3.4 Análise das Características da Bacia

Na secção onde foram avaliadas as características da bacia afeta à rede (Figura 5.3), encontram-se três diferentes secções: Ocupação do Solo, Proximidade a níveis freáticos e Tráfego. Em cada uma destas secções, é apresentado um texto pré-definido que está dependente do valor ou informação colocada na “Introdução de Dados”. Este texto pretende alertar acerca da prioridade de intervenção e dos parâmetros de avaliação que podem estar a suscitar o aparecimento de afluências indevidas e que se deve ter em conta na análise da rede. Salienta-se que a cada um dos textos encontra-se associada uma cor, isto é, caso seja de prioridade baixa, média ou alta está associada a cor verde, amarela e vermelha, respetivamente.

No caso da ocupação do solo, dependendo da informação que é colocada na introdução de dados, é determinado um valor de impermeabilidade do solo, explicado no subcapítulo anterior. A impermeabilidade do solo permite determinar se a rede é mais afetada pelo escoamento superficial ou pelas infiltrações.

A proximidade a níveis freáticos depende se, na introdução dos dados, é colocada a palavra “Sim” ou “Não”. Se for colocado “Sim”, a ferramenta introduz um texto alertar para os alagamentos que podem ocorrer em períodos de precipitação e a infiltração que também poderá decorrer desses eventos. Se for

colocado “Não”, a ferramenta exibe um texto onde refere que a prioridade em relação a este assunto é baixa.

Quanto ao tráfego, o texto apresentado está dependente do valor, dentro da gama de 0 a 5, colocada na introdução dos dados. O valor 0 é para os casos onde a bacia se encontra numa zona rural e cujo tráfego tem uma influência praticamente nula no aparecimento de afluências indevidas. À medida que se avança na pontuação, a influência do tráfego vai aumentando, chegando ao valor 5, onde é alertado para as zonas onde a rede interseja estradas com elevado tráfego com passagem de veículos pesados e onde há risco de assentamentos ou fraturas. Nestas zonas pode tanto haver infiltrações por parte das fraturas nos equipamentos como afluências por escoamento superficial pode abertura de fenda nas tampas das caixas de visita.

A tabela 5.4 apresenta a escala de cores e de valores usada pela ferramenta para cada uma das características da rede definidas neste estudo.

Tabela 5.4 Prioridade de intervenção, consoante características da bacia

Características da Bacia	Prioridade		
	Baixa	Média	Elevada
Ocupação do Solo	<0,4	0,4 – 0,7	>0,7
Proximidade a níveis freáticos	“Não”	-	“Sim”
Tráfego	0-2	3-4	5

Seguidamente será apresentada a utilização da ferramenta nos casos de estudo referentes às AdCL e às AV e a respetiva análise aos resultados obtidos.

5.2 Aplicação aos casos de estudo

De forma a avaliar a funcionalidade e posteriormente proceder à validação da ferramenta de apoio à decisão, foram aplicados e analisados os diferentes casos de estudo. Para isso utilizaram-se os dados fornecidos pelas entidades gestoras AdCL e AV, estando os mesmos descritos no capítulo 4. Ao longo deste subcapítulo, para além da apresentação dos resultados, também se vai proceder à sua análise e discutida a sua relevância no âmbito das afluências indevidas e da identificação das zonas prioritárias de intervenção. Naturalmente, esta versão da *FerramentaAI*, sendo a primeira versão, apresenta algumas vertentes que podem ser mais tarde desenvolvidas. Portanto, também se procedeu à inclusão de sugestões ao longo da discussão com vista abordar parâmetros que poderão ser aperfeiçoados no futuro.

Posto isto, este subcapítulo encontra-se dividido em três partes: *Águas de Valongo, S.A.*, *Águas Centro Litoral, S.A.*, e *Análise do Desempenho da Ferramenta*.

5.2.1 ÁGUAS DE VALONGO, S.A

Nesta secção apresentam-se os resultados da ferramenta para o caso da bacia A14, após a análise aos dados introduzidos relativos à rede que drena para a ETAR de Ermesinde e Alfena. Estes dados contemplam os caudais registados por um sensor de nível a jusante da bacia e as medições da pluviosidade registada no Concelho de Valongo, durante o ano de 2015. No entanto, devido à extrema sensibilidade dos sensores de nível e à baixa exatidão das suas medições, algumas medições não foram

incluídos na análise, passando a ser discriminados como "Falta" aquando da sua introdução na ferramenta. Utilizou-se, então, todas as informações relativas à bacia A14, presentes no Anexo A, e procedeu-se à introdução dos dados na folha "IntroduçãoDados", como mostra a Figura 5.9.

Introdução de Dados			
<u>Dados de Caudal e Precipitação</u>			
- Seleccione	<input type="button" value="Introduzir Dados"/>	para introduzir os dados de Caudal e Precipitação.	
- Método de Quantificação	<input type="text" value="Mínimo Móvel 21 dias"/>		
<u>Características da rede / Secção da rede</u>			
- Número de Clientes	<input type="text"/>	- Nº de ramais	<input type="text"/>
- Volume de água abastecida (m3/d)	<input type="text" value="200"/>	- Idade das condutas (anos)	<input type="text" value="5"/>
- Diâmetro da conduta (m)	<input type="text" value="0,2"/>		
- Comprimento da rede na área em estudo (km)	<input type="text" value="5,7"/>		
- Nº caixas de visita	<input type="text"/>		
- Inclinação (m/m)	<input type="text" value="0,09"/>		
<u>Material das condutas</u>			
Tipo	<input type="text" value="PVC"/>	Extensão do coletor (km)	<input type="text" value="5,7"/>
Tipo	<input type="text"/>	Extensão do coletor (km)	<input type="text"/>
Tipo	<input type="text"/>	Extensão do coletor (km)	<input type="text"/>
<u>Características da Bacia</u>			
<u>Ocupação do solo</u>			
Tipo	<input type="text" value="Habitações individuais na periferia"/>	Porcentagem	<input type="text" value="40%"/>
Tipo	<input type="text" value="Zonas Verdes"/>	Porcentagem	<input type="text" value="30%"/>
Tipo	<input type="text" value="Habitações coletivas"/>	Porcentagem	<input type="text" value="30%"/>
- Proximidade a níveis freáticos	<input type="text" value="Sim"/>		
- Tráfego	<input type="text" value="3"/>	(Legenda: 0- Rural 5- Zona Urbana com elevado tráfego)	
			<input type="button" value="Análise"/>

Figura 5.9 Folha "IntroduçãoDados" para a bacia A14.

O preenchimento desta folha tem em conta as características das bacias enumeradas no Capítulo 4 e presentes nas várias tabelas do Anexo A.

Após a inserir todas as informações que se dispõe da bacia, utilizou-se o botão " Análise" para determinar os resultados. Este processo foi realizado, de forma idêntica, para as restantes bacias.

Na folha "Resultados" é apresentado um gráfico onde é possível identificar o caudal de infiltração e o caudal de escoamento superficial afluente à bacia e aferir acerca da sua sensibilidade a fenómenos pluviométricos, como se pode observar pela Figura 5.10.

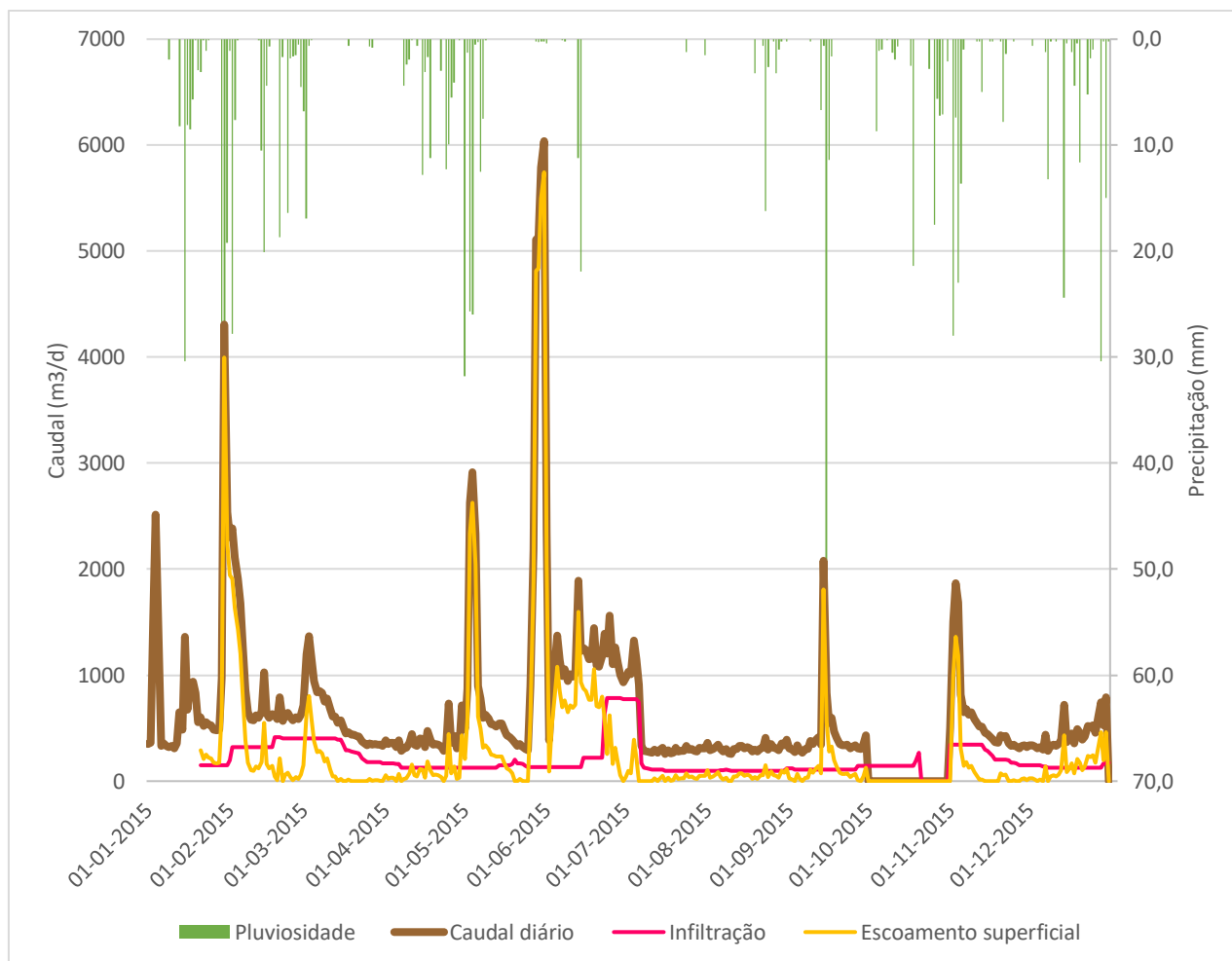


Figura 5.10 Representação gráfica dos resultados da análise de caudal e precipitação da bacia A14 na folha “Resultados”.

Analisando a informação observada no gráfico da Figura 5.10, pode-se afirmar que, nesta bacia, existe uma clara influência da precipitação. Na verdade, aquando da ocorrência da maior parte dos eventos pluviométricos, surge um aumento abrupto de caudal na rede de drenagem. De igual modo, também se verificam problemas ao nível da infiltração visto que, em alguns períodos do ano, atinge valores significativos. Os gráficos desenvolvidos com os dados das restantes bacias, encontram-se no Anexo A.

Seguidamente, é tratada a informação relativa aos indicadores de desempenho que permite compreender se efetivamente estes valores observados no gráfico estão a ter influência no desempenho da rede e qual dos tipos de afluência é mais preponderante na bacia. A Figura 5.11 mostra como são apresentados os valores resultantes do cálculo dos indicadores de desempenho na folha “Resultados”.

Indicadores de Desempenho							
Indicador	Descrição	Valor médio	Valor mínimo	Valor máximo	Prioridade		
					Baixa	Média	Alta
ID1 - Qinf / QSC	Utilização da capacidade de rejeção cheia: Este indicador estabelece uma relação com a vazão hidráulica da rede e permite aferir qual a quantidade de caudal de infiltração (Qinf) relativamente ao valor da caudal de rejeção cheia da caloteira (QSC), que representa a sua capacidade. Isto é, permite avaliar a capacidade da caloteira que é utilizada pela caudal de infiltração.	0,43	0,20	1,55	< 0,25	0,25 - 0,50	> 0,50
ID2 - Qinf / Qmáx de tr	Preparação da caudal de temporização: Este indicador indica qual é a percentagem da caudal de infiltração (Qinf) relativamente ao valor da caudal média em temporização (Qmáx de tr). Dito de outra maneira, permite avaliar a parte da caudal de infiltração relativamente ao caudal médio em temporização transportada na rede. Como este indicador se aplica ao caudal que chega à ETAR, pode ainda acrescentar informação acerca da capacidade de encargar financeiro na tratamento da caudal excedentária.	0,36	0,165	1,29	< 0,25	0,25 - 0,50	> 0,50
ID3 - Qinf / C virtú	Caudal unitário por câmara de virtú: Este indicador permite aferir qual é a caudal média de infiltração (Qinf) por câmara de virtú da rede, sendo C virtú o número de câmaras de virtú que contribuem para a caudal de infiltração.						
ID4 - Qinf / L caloteira	Caudal unitário por comprimento da caloteira: Este indicador permite analisar a rede de ponto de virtú estrutural, apontando qual é a caudal média de infiltração (Qinf) que ocorre por km de comprimento da caloteira (L caloteira).	39,30	17,64	129,03	< 40	40-80	> 80
ID5 - Q / Ramal	Caudal unitário de infiltração por ramal de ramificação: Este indicador indica qual a caudal média de infiltração (Qinf) por ramal de ramificação, sendo Ramal o número de ramais de ramificação que contribuem para a caudal de infiltração.						
ID6 - Q AI / QSC	Utilização da capacidade de rejeção cheia por ligação indevida: Este indicador converte na quociente da caudal de afluência indevida relativamente ao valor da caudal de rejeção cheia da caloteira (QSC), que corresponde à sua capacidade. Permite avaliar a capacidade da caloteira que é utilizada pela caudal proveniente da ligação indevida, em consequência da ocorrência da precipitação.	1,54	0,265	11,62	< 0,75	0,75 - 1	> 1
ID7 - V AI / V máx	Preparação do volume de armazenamento pluvial relativamente ao de temporização: Este indicador demonstra a quociente entre o volume de água proveniente da afluência indevida (V AI) relativamente ao valor do volume médio de água residual de temporização (V máx), durante a período de referência escolhida. Permite aferir a parte que o volume de água da afluência indevida tem relativamente ao volume de água residual de temporização. Como se aplica ao volume que chega à estação de tratamento, fornece informação sobre a parte que a afluência indevida pode tornar encargar com a tratamento.	4,95	0,853	37,32	< 1	1 - 2	> 2

IntroduçãoDados
Base de Dados
Conversão
Resultados

Figura 5.11 Indicadores de Desempenho apresentados na folha “Resultados” análise à bacia A14.

O cálculo dos indicadores do desempenho é fundamental para a definição da prioridade de intervenção nas bacias de drenagem que foram analisadas. Nesta folha, os indicadores apresentam uma gama de valores e a respetiva coloração que assinala como está a decorrer o desempenho da rede. De salientar que os valores dos indicadores ID3 e ID5 encontram-se, praticamente, invisíveis pois a ferramenta “esconde” os indicadores cujos dados não foram introduzidos na folha “IntroduçãoDados”.

Os valores dos indicadores calculados para cada uma das bacias que são abrangidas pela ETAR Ermesinde e Alfena, encontra-se na tabela 5.5. Algumas das bacias apresentadas no capítulo 4 não constam desta análise visto que, devido à sensibilidade dos sensores de nível utilizados, em algumas das bacias os dados registados apresentam vários valores em falta ou valores descabidos.

Estes valores foram determinados a partir do método de quantificação Mínimo Móvel 21 dias. Também foram avaliados os indicadores utilizando o método de quantificação Mínimo Móvel 7 dias, que podem ser consultados na Tabela A.9 do Anexo A. Importa mencionar que, os resultados obtidos foram bastante idênticos ao Método Mínimo Móvel 21 dias.

Tabela 5.5 Indicadores de desempenho das bacias que drenam para a ETAR Ermesinde e Alfena.

Bacia	Valor	Infiltração			Afluências indevidas (infiltração + escoamento superficial)	
		ID1 Q_{INF}/Q_{SC}	ID2 Q_{INF}/Q_{MTS}	ID4 $Q_{INF}/L_{COLETOR}$	ID6 Q_{AI}/Q_{SC}	ID7 V_{AI}/V_{MTS}
A14	Médio	0,34	0,3	30	1,4	3,6
	Mínimo	0,12	0,1	10	0,17	0,4
	Máximo	1,47	1,3	130	11,5	29
A17	Médio	0,32	0,26	12	0,87	1,24
	Mínimo	0,037	0,03	0,5	0,037	0,1
	Máximo	1,72	1,4	67	2,91	4
A19	Médio	0,26	0,25	10	1,9	2,7
	Mínimo	0,015	0,014	0,57	0,01	0,01
	Máximo	0,54	0,53	21,4	14	19,9
A23	Médio	0,98	0,6	164	1,91	7,51
	Mínimo	0,7	0,4	112	0,8	3,1
	Máximo	1,75	1,07	293	7,31	28,2
E7	Médio	0,8	0,4	61	1,44	3,58
	Mínimo	0,05	0,03	3,8	0,05	0,1
	Máximo	2,37	1,18	180	5,6	13,9
E14	Médio	0,02	0,01	0,43	0,75	0,43
	Mínimo	0,02	0,01	0,43	0,003	0,002
	Máximo	0,02	0,01	0,43	7,93	4,5
ETAR	Médio	0,68	0,1	4,5	3,45	0,58
	Mínimo	0,03	0,001	0,06	0,01	0,002
	Máximo	2,75	0,4	18	14,1	2,36

Prioridade: ■ máxima ■ média ■ baixa

Através da análise da tabela 5.5, é possível avaliar o desempenho das bacias que drenam para a ETAR Ermesinde e Alfena e deste modo, determinar qual está a ser mais afetada pelas afluências indevidas e quais dos tipos de afluências têm maior contributo.

Começando pela análise do ID1, constata-se que, no cômputo geral das bacias em estudo, o resultado do indicador implica que a componente de infiltração causa impactos negativos ao nível do desempenho hidráulico dos coletores, sendo que a bacia A23 e E7 registaram os piores resultados. Neste caso, está-se perante bacias que apresentam caudais de infiltração superiores ao caudal de secção cheia da bacia, na média dos registos efetuados ao longo do ano de 2015.

Analisando o ID2, que corresponde à razão entre o caudal de infiltração e o caudal médio em tempo seco, verifica-se que para as bacias A14, A19 e E7, são atingidos valores que implicam prioridade média em termos de problemas de infiltração. Uma vez mais, a bacia A23 regista o pior resultado, pelo que é

considerada como prioridade máxima. Ressalva-se que, no caso deste indicador, os problemas estão essencialmente relacionados com aspetos económicos resultantes de encargos adicionais de transporte e tratamento.

No ID4, que explicita a relação entre o caudal de infiltração e o comprimento do coletor, constata-se que a bacia que revela pior desempenho é a bacia A19 dado que, segundo as características da rede, é a bacia que apresenta menor comprimento de coletor.

Nos indicadores ID6 e ID7, respeitantes ao caudal de afluentes indevidas total, ou seja, onde é avaliada a infiltração e o escoamento superficial, observa-se que todas as bacias apresentam uma diminuição significativa ao nível do desempenho hidráulico dos seus sistemas de drenagem. Na verdade, estes indicadores foram avaliados apenas em “tempo de chuva”, o que permite demonstrar a influência do escoamento superficial.

O ID6, que corresponde à razão entre o caudal de afluentes indevidas, que ocorre em tempo de chuva e o caudal de secção de cheia do coletor, atinge valores superiores a 75%, o que indica a entrada em carga do coletor, ou seja uma redução muito significativa do seu desempenho hidráulico. Na análise deste indicador, é possível aferir que as bacias A14 e A19 possuem, por larga margem, os piores desempenhos na rede, o que evidencia o comportamento negativo destas bacias aos eventos pluviométricos, podendo ser explicado pela elevada impermeabilidade dos seus solos.

Finalmente, no ID7, a bacia A23 obteve o pior resultado, sendo este um valor médio superior a 2, o que indica que em média, no conjunto dos eventos pluviométricos registados, o volume afluente ao coletor por ocorrência dos eventos de precipitação é significativamente superior ao volume médio de tempo seco, com impacto ao nível dos custos de exploração. Ou seja, o volume de afluentes indevidas foi bastante superior ao dobro do volume médio de caudal residual em tempo seco.

Relativamente aos indicadores de desempenho da ETAR, verificam-se problemas de desempenho tanto em “tempo seco” como em “tempo húmido”. De facto, em “tempo húmido”, mais precisamente no ID6, a ETAR alcança, em média, valores de caudal de afluentes indevidas claramente superiores ao caudal de secção cheia, o que pode levar a vários impactos negativos ao nível estrutural, financeiro e ambiental.

Em suma, apesar das bacias A14 e A19 apresentarem desempenhos hidráulicos preocupantes perante eventos pluviométricos, através da observação de todos os resultados, facilmente se identifica a bacia A23 como aquela que apresenta o pior desempenho e onde deve-se focar a priorização da intervenção. No entanto, do ponto de vista da entidade gestora, a A14 e A19 são bacias maiores, abrangem uma maior quantidade de alojamentos e consequentemente, apresentam consumos bastante superiores à bacia A23.

Avaliados os indicadores de desempenho, a folha de “Resultados” fornece no final de cada análise informações a ter com conta ao nível das características da bacia. Assim, após decidir avançar na intervenção da bacia A23, pode-se recorrer a estas informações para determinar as possíveis causas de origem das infiltrações ou entradas de caudal de origem pluvial na rede. Ressalva-se que esta secção pode ser desenvolvida em futuras versões da ferramenta visto que, atualmente, apenas realiza uma análise qualitativa dos dados introduzidos.

Recorrendo ao processo de análise de características mencionadas no Capítulo 4, determinou-se que a bacia A23 pertence a uma zona periférica do Concelho de Valongo, onde se situam diversas habitações individuais e contempla uma pequena parte de uma zona industrial. Ao nível da proximidade a níveis freáticos, a bacia encontra-se rodeada por duas linhas de água oriundas do Rio Leça que por sua vez, também se encontra próximo da bacia. Ao nível do tráfego, esta zona pode ser considerada como 4 visto

que é uma zona considerada rural por onde passa uma estrada nacional e, simultaneamente, veículos pesados em direção à zona industrial. A Tabela 5.6 mostra os resultados da análise de características da bacia A23.

Tabela 5.6 Análise de características da bacia A23

Características	Informação
Ocupação do solo	Prioridade máxima: O tipo do solo define, geralmente, a influência das infiltrações de origem pluvial. Neste caso, o solo é considerado impermeável e como tal, é expectável que a água proveniente da precipitação siga o seu caminho até ser coletada pela rede pluvial e se infiltre na rede de água residual.
Proximidade a níveis freáticos	Prioridade máxima: Quando a cota do nível freático de um aquífero é superior à cota de soleira de um determinado elemento da rede, aumenta a probabilidade da ocorrência de infiltrações indiretas. Por outro lado, a construção em zonas cujo nível freático é alto ou estejam próximas de aquíferos, pode resultar que, em tempo húmido, fiquem completamente alagadas e suscetíveis a afluências indevidas.
Tráfego	Prioridade moderada: Ter atenção aos coletores situadas nas estradas com mais tráfego

Analisando a Tabela 5.6, constata-se que, conforme as informações recolhidas, é necessário ter atenção aos períodos de chuva pois, como apresenta um elevado índice de impermeabilidade, o caudal escoar maioritariamente para a rede pluvial, onde pode acabar por se infiltrar na rede de água residual. Adicionalmente, é apresentado o alerta para a proximidade da rede a níveis freáticos e assim, ter em conta os elementos que se encontram a cotas inferiores. Ao nível do tráfego, a ferramenta afirma apenas para se ter atenção aos coletores presentes em zonas de passagem frequente de veículos e veículos pesados, como estradas nacionais, pois pode ter influência no assentamento das redes ou no aparecimento de fissuras dos coletores.

Em jeito de conclusão, estão lançadas as bases para a determinação das causas de afluências indevidas à bacia A23 que, segundo os resultados dos indicadores de desempenho, é a bacia cuja rede apresenta o pior desempenho e deve ser uma prioridade no sistema de drenagem do Concelho de Valongo. Importa referir que não foram avaliadas todas as bacias que drenam para esta ETAR, umas devido à falta de informação, outras pela falta de fiabilidade dos dados, por isso o sistema poderá apresentar bacias em pior estado que não foram alvo de estudo.

5.2.2 ÁGUAS DO CENTRO LITORAL, S.A

Como já foi referido anteriormente, a aplicação da *FerramentaAI* a sistemas “em alta” pode ser tão ou mais útil do que em sistemas “em baixa”. Isto é, os sistemas “em alta” abrangem, por norma, áreas bastante maiores que os sistemas “em baixa”, o que pode dificultar o processo de identificação das zonas de onde são provenientes os caudais excedentários. Desta forma, realizando a caracterização total da rede e através dos dados de caudal recebido pelas entidades “em baixa” e da precipitação registada nesses municípios, a implementação desta ferramenta de suporte à decisão permite automatizar e simplificar o processo de identificação dos locais mais propícios à infiltração.

Neste contexto, a abordagem aos dados fornecidos foi realizada de uma forma diferente, tendo em contas as diferentes características destes sistemas. Ou seja, enquanto na rede em “baixa”, avaliou-se as diferentes bacias do Concelho de Valongo, neste caso serão analisados os coletores que se encontram entre as estações elevatórias que servem os municípios. Se o problema não for identificado nos coletores da AdCL, é possível que seja oriundo dos sistemas de drenagem dos municípios que para eles drenam.

À medida que foram tratados os dados referentes a esta rede, verificou-se que os coletores mais extensos operavam em escoamentos sob pressão. Efetivamente, a maior parte desta rede é composta por condutas elevatórias (Figura 5.13).

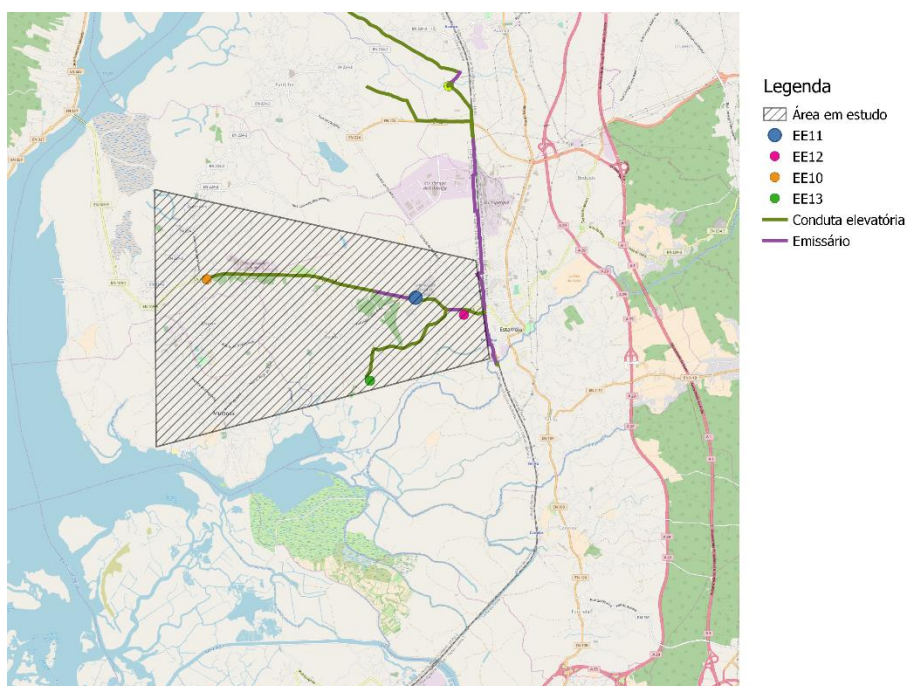


Figura 5.12 Rede que aflui para a EEN12.

O facto de o escoamento ser realizado sob pressão em várias partes desse sistema, remete a análise apenas para aqueles troços onde o escoamento se realiza em superfície livre. Desta forma, não será possível avaliar o desempenho hidráulico da rede que transporta o caudal bombado pela estação EE13 visto que o escoamento é realizado totalmente em conduta elevatória.

Adicionalmente, o caudal de secção cheia (Q_{sc}) utilizado nos indicadores ID1 e ID2 avaliados pela ferramenta, apenas pode ser implementado para avaliar o comportamento hidráulico de sistemas de drenagem em escoamentos de superfície livre. Contudo, procedeu-se à avaliação dos coletores destes sistemas, nos quais ocorre escoamento em superfície livre.

Como já foi referido, a avaliação dos volumes de água escoados para estes sistemas deve ter em conta que o caudal que chega à EE11 é o somatório dos caudais provenientes da EE10 e os caudais produzidos pela bacia afeta à EE11. De igual modo, os caudais que chegam à EE12, são alusivos ao somatório entre os caudais bombados pela EEN11 (EE10+EE11) e os caudais oriundos da EE13.

Sendo assim, serão utilizados para análise os seguintes troços do sistema “em alta” representados na Figura 5.14.

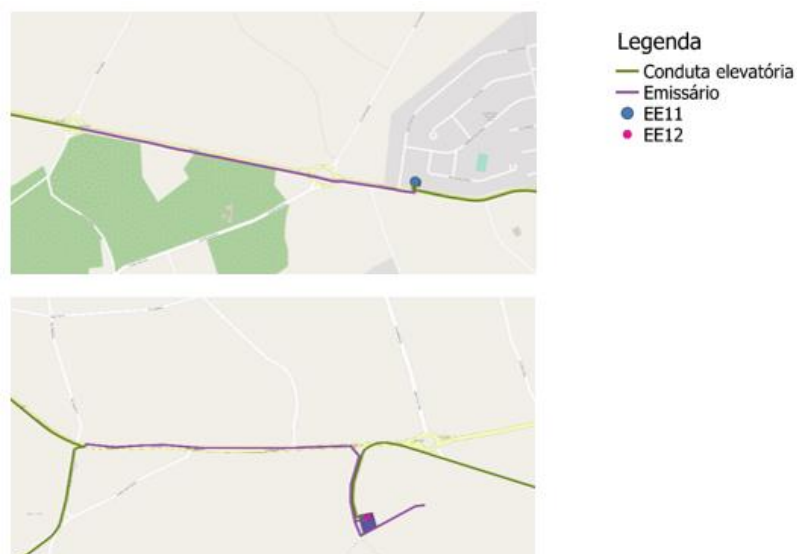


Figura 5.13 Coletores em superfície livre a montante da EE11, em cima, e os situam a montante da EE12, em baixo.

Aplicando a ferramenta para os coletores em superfície livre que se encontram entre a EE10 e a EE11, obteve-se o seguinte gráfico representado na Figura 5.15.

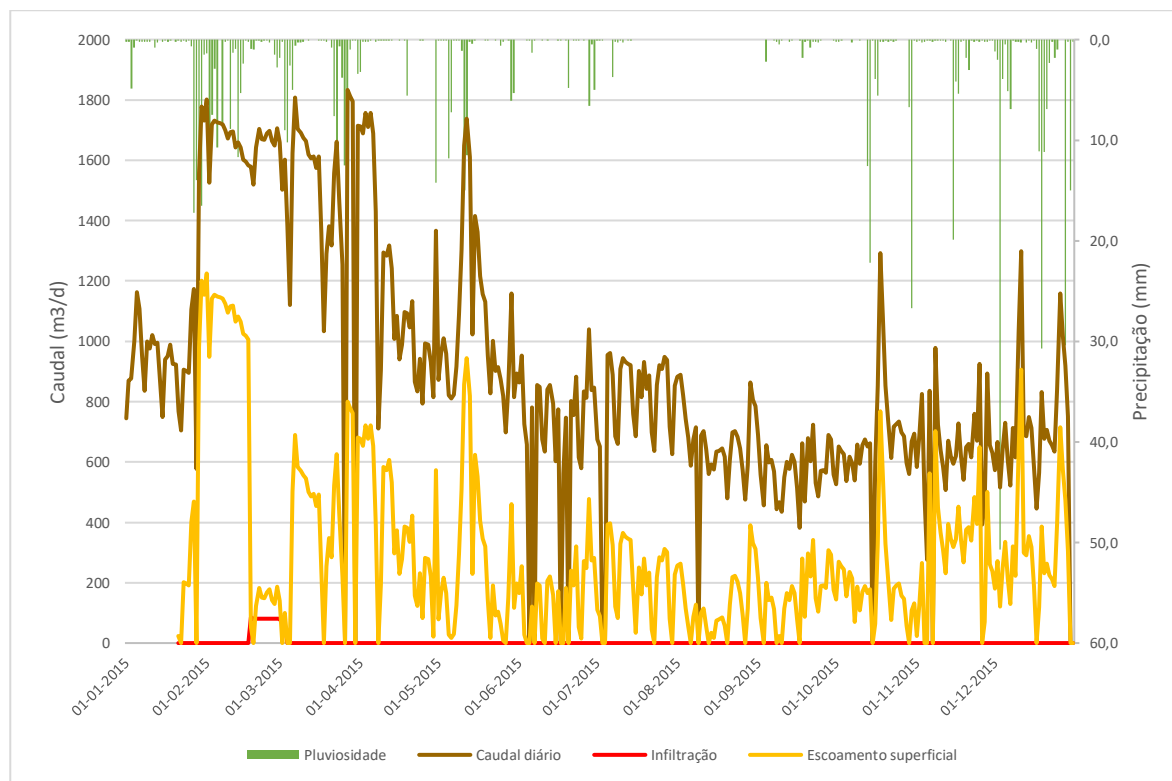


Figura 5.14 Representação gráfica dos resultados da análise de caudal e precipitação para os coletores em superfície livre entre EE10 e EE11.

Pela análise do gráfico, verifica-se que, na presença de pluviosidade, o caudal escoado na rede aumentou. Neste troço, é avaliado o caudal que esco das freguesias de Murtosa, Monte e Bunheiro, o que poderá indiciar afluências indevidas nestas redes “em baixa”. Pela observação das linhas referentes à componente de infiltração e escoamento superficial, verifica-se que a infiltração apresenta valores bastantes baixos nesta rede, sendo mais influente o escoamento superficial no aumento do caudal diário para este troço.

Relativamente ao troço que se encontra antes da estação elevatória EE12, tem que se ter em consideração que os volumes escoados são o somatório dos caudais produzidos nas bacias servidas por a EE10, EE11 e EE13. A figura 5.16 demonstra os resultados obtidos na ferramenta na secção da análise anual para este troço.

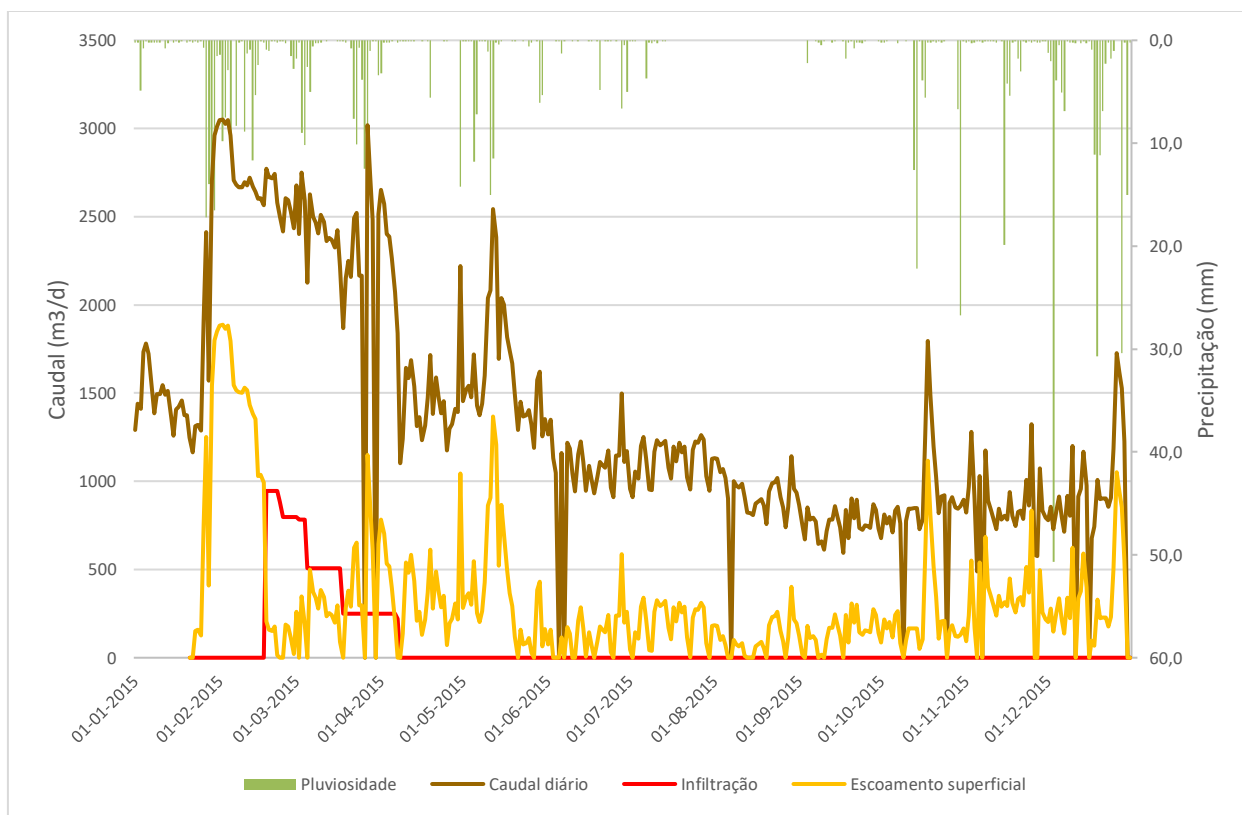


Figura 5.15 Representação gráfica dos resultados da análise de caudal e precipitação para os coletores em superfície livre no troço antes da EEN12.

Comparativamente ao gráfico anterior, aqui foram introduzidos os caudais provenientes da EE11 e EE13, sendo que a precipitação se mantém a mesma. Por esta razão, observa-se que a influência da componente do escoamento superficial diminui, aumentando a componente relativa à infiltração. Deste modo, pode-se afirmar que as bacias servidas pela EE11 e EE13 são mais influenciadas pelos caudais de infiltração do que pelos caudais de origem pluvial. Tal pode ser explicado pelo facto da bacia EE10 estar numa zona mais urbana enquanto as outras duas bacias (EE11 e EE13) encontram-se em zonas mais rurais, onde existem mais zonas verdes e a água infiltra-se maioritariamente no solo.

Seguidamente, na tabela 5.7, apresenta-se a avaliação do desempenho destes troços através dos indicadores de desempenho da ferramenta.

Tabela 5.7 Indicadores de desempenho dos coletores de escoamento de superfície livre da rede da AdCL

		Infiltração			Afluências indevidas (infiltração + escoamento superficial)	
Troço	Valor	ID1 Q_{INF}/Q_{SC}	ID2 Q_{INF}/Q_{MTS}	ID4 $Q_{INF}/L_{COLETOR}$	ID6 Q_{AI}/Q_{SC}	ID7 V_{AI}/V_{MTS}
EE10- EE11	Médio	0,15	0,14	140	0,51	0,38
	Mínimo	0,05	0,05	46,9	0,01	0,01
	Máximo	0,54	0,51	517	1,5	1,13
EE12	Médio	0,27	0,53	2000	0,24	0,4
	Mínimo	0,18	0,35	1500	0,01	0,01
	Máximo	0,4	0,8	3300	0,78	1,3

A análise do conjunto dos indicadores de infiltração mostra que o facto de ter sido identificada uma componente considerável de infiltração no valor de ID2 para troço EEN10-EEN11, este apenas representa uma situação pontual e não implica que esta tenha consequências significativas ao nível do desempenho hidráulico do coletor.

Como foi referido na análise anual, a componente de infiltração aumentou a sua influência após a entrada dos caudais de EE11 e EE13, como se pode observar pelos valores de ID2 do troço EE12. Na verdade, os resultados deste indicador pode antever um aumento dos custos de transporte e exploração para a entidade gestora.

Os valores de desempenho obtidos no ID4 são, claramente, valores inadequados visto que, optou-se por colocar na introdução de dados da ferramenta, apenas o comprimento do troço referente à parte onde processa o escoamento de superfície livre visto que o restante comprimento do coletor é referente a conduta elevatória. Posto isto, deve-se desprezar os resultados obtidos em ambos os troços do ID4.

Os indicadores alusivos ao caudal total de afluências indevidas revelam que o escoamento superficial não representa um problema para a rede. De facto, apesar da influência desta parcela ser maior no troço EE10-EE11, o indicador ID6 não atingiu 75% e assim, considera-se que o desempenho hidráulico do coletor não é afetado por afluências indevidas de origem pluvial.

Os registos de caudal fornecidos pela AdCL referente ao volume de água que chega à estação EEN12 pode ser consultado na tabela B.2 do Anexo B.

Por fim, a partir da caracterização destes troços da rede, são apresentadas na ferramenta algumas informações que podem ajudar a perceber as origens das afluências nos troços. A Tabela 5.8 mostra como foram os resultados da análise das características das bacias em ambos os troços. De referir que, as características destes dois troços de rede analisados encontram-se nas Tabelas B.3 e B.4 do Anexo B.

Tabela 5.8 Análise das características das bacias referentes aos troços EEN10-EEN11 e EEN12

Características	Informação
Ocupação do solo	Prioridade baixa: O tipo do solo define, geralmente, a influência das infiltrações de origem pluvial. Neste caso, o solo apresenta baixa impermeabilidade e a água irá infiltrar-se sendo que a curto-prazo não causará tantos problemas.
Proximidade a níveis freáticos	Prioridade máxima: Quando a cota do nível freático de um aquífero é superior à cota de soleira de um determinado elemento da rede, aumenta a probabilidade da ocorrência de infiltrações indiretas. Por outro lado, a construção em zonas cujo nível freático é alto ou estejam próximas de aquíferos, pode resultar que, em tempo húmido, fiquem completamente alagadas e suscetíveis a afluentes indevidas.
Tráfego	Prioridade moderada: Ter atenção aos coletores situadas nas estradas com mais tráfego.

Como as zonas onde se encontram são bastante semelhantes em termos da caracterização solicitada pela ferramenta, os resultados são iguais. Como mostra a caracterização presente no Anexo A, estes troços, encontram-se numa zona maioritariamente verde, onde a precipitação se infiltra no solo. Por outro lado, estes troços estão próximos da Ria de Aveiro, o que propicia a proximidade a níveis freáticos. Por fim, ao nível do tráfego, as condutas encontram-se em baixo da estrada nacional N109. Como existem caixas de visita na zona onde o escoamento se realiza por escoamento gravítico, podem surgir fraturas nestas estruturas ou mesmo nas condutas.

De salientar que, ao nível da caracterização da bacia, a ferramenta carece de desenvolvimento para as entidades “em alta” pois seria necessário ter em conta também a bacia de onde provêm os caudais. Também o número de clientes das bacias foi estimado pela população residente das freguesias abrangidas através do CENSOS 2011, sendo que esta estimativa pode não apresentar a exatidão desejada.

Tendo em conta a influência dos caudais de infiltração na análise destes dados, seria importante priorizar a intervenção de modo a garantir a estanqueidade dos coletores junto das bacias onde seja mais propícia a infiltração, como as bacias servidas pela EEN11 e EEN13.

CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE DESENVOLVIMENTO FUTURO

O objetivo da presente dissertação focou-se na criação de uma ferramenta que permitisse analisar e priorizar intervenções de redução de afluentes indevidas em redes de saneamento. Ao nível do funcionamento, pretendeu-se que a ferramenta elaborada, para além de tratar dos dados corretamente e fornecer resultados úteis e fidedignos, fosse um instrumento de análise simples e intuitivo, onde o seu utilizador não apresentasse dificuldades a compreender os processos de introdução de dados.

No desenvolvimento deste trabalho, foi necessário compreender o carácter multidimensional das afluentes indevidas, relativamente aos diferentes tipos de afluentes, aos fatores que podem influenciar a sua ocorrência e aos vários impactos que podem ter nas redes de saneamento e no desempenho geral das entidades gestoras responsáveis. O estudo dos vários métodos de quantificação e a sua comparação permitiu definir qual seria o ideal para o obter os resultados pretendidos para a ferramenta, sendo que nessa decisão teve influência a informação disponibilizada.

Foi desenvolvida uma metodologia de trabalho que passou pela análise dos vários dados relativos ao caudal e precipitação fornecidos, onde foi possível começar a retirar algumas conclusões relativamente ao comportamento dos sistemas de drenagem aquando da presença dos eventos pluviométricos. Nesta fase, foi fundamental a incorporação da avaliação de desempenho da rede, designadamente, a aplicação dos indicadores de desempenho propostos pelo LNEC de modo a estimar o impacto das afluentes indevidas. De facto, a complementaridade entre os resultados da análise gráfica do caudal em função da precipitação e os resultados da avaliação do desempenho na rede, foram um ponto determinante para a evolução e validação da ferramenta.

Ainda nesta fase, decidiu-se integrar nos resultados, as principais características das bacias hidrográficas que pudessem levar ao aparecimento de afluentes indevidas. Entre os vários estudos e artigos consultados na literatura, definiram-se a ocupação do solo, na qual é determinado o coeficiente de impermeabilidade da bacia, a proximidade a níveis freáticos, onde se estabelece uma ligação entre a proximidade a estes níveis e a componente de infiltração e por fim o tráfego, onde se pretende avaliar a condição dos troços da rede que se encontram em zonas de passagem frequente de veículos ligeiros e sobretudo, pesados.

Avaliando os resultados obtidos nos dois estudos de caso mencionados, foi possível proceder à validação da ferramenta de apoio à decisão. Constatou-se que a ferramenta revela enorme potencial de aplicação, sobretudo nas redes de drenagem geridas por entidades “em baixa”, pois permite o diagnóstico das várias bacias da rede e assim, definir qual das bacias analisadas deverá ser considerada como prioritária em termos de intervenção.

O funcionamento da ferramenta é bastante intuitivo e os dados solicitados na página “IntroduçãoDados” são, facilmente, acessíveis pelos colaboradores de uma entidade gestora. Na verdade, este era um dos objetivos da ferramenta, ou seja, pretendia-se que fosse uma ferramenta fácil e simples de usar, ao contrário das atuais soluções presentes no mercado, onde são necessárias várias horas de formação e necessárias várias informações que não são de fácil alcance.

Relativamente aos resultados obtidos, o gráfico presente na análise anual da folha “Resultados” é útil na medida em que fornece uma visão geral do comportamento da rede ao longo de um ano. Através do

método de quantificação selecionado, permite diferenciar, graficamente, a parcela das afluições referente às infiltrações e a parcela referente ao escoamento superficial. Deste modo, o utilizador pode retirar conclusões acerca da resposta da rede aos eventos pluviométricos e qual o tipo de afluição que apresenta maior preponderância nos caudais de água excedentários.

A presença da análise dos indicadores de desempenho na rede é fundamental para compreender o impacto das afluições no desempenho da rede e na capacidade de drenagem. Para além disso, fornecem informações essenciais para a avaliação da zona prioritária de intervenção. Um dos pontos a mencionar desta análise de desempenho, consiste nos indicadores ID3 e ID5. Nestes indicadores são necessárias informações bastante específicas das redes que não foram possíveis de obter. No entanto, se a entidade gestora apresentar um cadastro detalhado da rede que gere, é possível obter resultados para estes indicadores.

Por outro lado, a ferramenta necessita de ser desenvolvida ao nível das redes que apresentam uma elevada extensão de condutas elevatórias. Na verdade, a ferramenta não se encontra preparada para incluir na análise esses coletores nem existem, atualmente, indicadores de desempenho que tenham sido aplicados a estes casos pelo LNEC.

A complementaridade entre as informações obtidas na análise anual da rede e na análise de desempenho, permitiu, nos casos de estudo realizados, definir qual a bacia ou o troço que apresenta maior prioridade de intervenção. No entanto, no caso de haver dúvidas, é possível consultar um dia qualquer do ano em estudo, através do gráfico presente na “Análise Diária”, e a partir desse gráfico avaliar o comportamento da rede e o desempenho da rede para esse mesmo dia.

No caso de estudo da rede de drenagem do Concelho de Valongo, a avaliação das características da bacia apresentou-se como um instrumento vantajoso no levantamento das possíveis causas dos caudais de afluições indevidas. Porém, revelou-se limitada para casos de entidades “em alta”.

De facto, a introdução das características da bacia na “IntroduçãoDados”, é um setor que deveria apresentar um maior detalhe de modo a poder fornecer uma análise mais pormenorizada da bacia. No entanto, deve-se referir que a análise executada, apesar de superficial, refere aspetos importante e que permitem determinar os principais fatores que influenciam o aparecimento de afluições na bacia em estudo.

Outro fator relevante é a automatização do processo de quantificação de afluições. Isto é, a ferramenta já contempla na sua base de dados dois métodos de quantificação pré-definidos. Do ponto de vista do utilizador, basta selecionar na folha de introdução de dados, o método que pretende e automaticamente, são quantificadas as afluições e diferenciado o caudal de infiltração do caudal de escoamento superficial. Este processo simplifica a procura e o estudo dos diferentes métodos de quantificação existentes. Uma das limitações desta ferramenta é o facto de apenas apresentar dois métodos, sendo eles baseados num método de cálculo semelhante, o que originou resultados idênticos quando utilizados nos casos de estudo. Posto isto, seria recomendável que, em versões futuras, fossem adicionados métodos como o método dos Isótopos Naturais que quantifica as afluições através de características químicas da água.

Assim, a ferramenta demonstra um enorme potencial, sendo a sua grande vantagem a sua automatização de processos de análise e simplificação na introdução de dados. A aplicação da ferramenta deve ser sempre sempre acompanhada do conhecimento dos conceitos afetos a esta área por forma a retirar conclusões fidedignas e priorizar a intervenção na zona mais problemática.

De modo a promover a melhoria do desempenho da ferramenta de apoio à decisão e desenvolver a sua aplicação tanto a entidades “em baixa” como entidades “em alta”, torna-se essencial a recolha e tratamento contínuo e pró-ativo de todo o tipo de informação referente aos sistemas de drenagem.

Na verdade, ao longo desta dissertação, verificou-se que o levantamento do cadastro das infraestruturas de águas residuais e pluviais continua a ser pouco completo, havendo lacunas de informação que devem ser supridas dada a sua importância na gestão da rede e no suporte das decisões tomadas ao nível da intervenção.

Para além do cadastro da rede, é necessário realizar a monitorização das redes com instrumentos de medição que forneçam dados com um elevado grau de exatidão com vista a aumentar o grau de confiança das análises propostas. Neste âmbito também se inclui a necessidade de identificação da potencial componente industrial das afluentes indevidas.

Por outro lado, devem ser consideradas as vantagens e desvantagens de recorrer a medidores de instalação temporária ou permanente, tendo em conta um potencial controlo progressivamente mais sistematizado das afluentes indevidas aos sistemas, a qualidade da medição e os respetivos custos.

Em termos do volume de gastos anuais das entidades para com as afluentes indevidas, seria importante a realização de uma análise custo-benefício por parte das entidades por forma a perceber se os prejuízos que surgem todos os anos, que têm tendência a aumentar, poderão ser colmatados com investimentos sólidos na identificação das zonas prioritárias de intervenção e respetiva, reabilitação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] V. de A. T. Rodrigues, “Avaliação de Infiltração em Drenagem Urbana Recorrendo a Métodos Convencionais e não Convencionais - Aplicação ao Caneiro de Alcântara, em Lisboa,” Instituto Superior Técnico de Lisboa, 2013.
- [2] Metcalf & Eddy, *Wastewater engineering : treatment and reuse*, 4ª Edição. McGraw-Hill, 2003.
- [3] PEAASAR II, “PEAASAR II - Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2007–2013,” Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, 2007.
- [4] A. S. Marques, J. P. Lima, J. Sousa, N. E. Simões, and R. Pina, *Hidrologia urbana - Sistemas de drenagem de águas pluviais urbanas*. 2013.
- [5] M. A. Cardoso, “Avaliação do desempenho de sistemas de drenagem urbana,” 2008.
- [6] J. A. C. Bonito, “Infiltrações na Rede de Drenagem de Águas Residuais - Caso de Estudo da Bacia de Drenagem de Lanheses,” p. 169, 2014.
- [7] R. Lourenço, “Sistemas Urbanos de Drenagem,” Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2014.
- [8] A. Cardoso, “Assessing the impact of infiltration and exfiltration in sewer systems using performance indicators: case studies of the APUSS project,” *Water Pract. Technol.*, vol. 1, no. 1, 2006.
- [9] M. A. Cardoso *et al.*, “Melhorar o Conhecimento e a Gestão da Infiltração e da Exfiltração em Sistemas de Drenagem Urbana: O Projecto APUSS,” *10th Int. Conf. Urban Drainage*, 2006, no. 1, 2006.
- [10] Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações, *Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto*, vol. N.º 194. 1995, pp. 5284–5319.
- [11] J. H. Pato, *História das políticas públicas de abastecimento e saneamento de águas em Portugal*. 2011.
- [12] M. ângelo F. Marques, “Metodologia para aplicação dos princípios do ciclo de vida de sistemas de drenagem de águas residuais,” Faculdade Engenharia da Universidade do Porto, 2008.
- [13] I. I. R. Coelho, “Variabilidade de Afluências às Redes de Drenagem de águas residuais : Causas e Efeitos Versus Sustentabilidade Económica,” Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013.
- [14] ERSAR, “Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal,” 2017.
- [15] J. M. de A. P. Peças, “Economias de escala no sector das águas em Portugal: uma reflexão crítica,” 2013.
- [16] Agência Portuguesa do Ambiente, “Pensar 2020,” 2015.
- [17] ERSAR, “Plano estratégico de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais 2007-2013 - Relatório de Acompanhamento 2008,” 2009.
- [18] Agência Portuguesa do Ambiente, “Relatório do Estado do Ambiente Portugal 2016,” 2016.
- [19] T. Franz, “Spatial classification methods for efficient infiltration measurements and transfer of measuring results,” p. 233, 2007.
- [20] A. F. M. Mortinho, “Avaliação de Caudais de Infiltração em Sistemas de Drenagem de Águas

- Residuais,” Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2011.
- [21] H. A. A. Amorim, “Afluências indevidas aos sistemas de drenagem de águas residuais,” [s. n.], 2007.
- [22] M. do C. Almeida and M. A. Cardoso, *Gestão patrimonial de águas residuais e pluviais: uma abordagem centrada na reabilitação*, no. April. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2010.
- [23] A. Cardoso, M. do C. Almeida, and S. T. Coelho, “Avaliação do Impacto da Infiltração no Desempenho de Sistemas de Drenagem Urbana,” Lisboa, 2002.
- [24] E. Brown, D. Caraco, and R. Pitt, “Illicit Discharge Detection and Elimination,” 2004.
- [25] J. De Bénédittis and J.-L. Bertrand-Krajewski, “Infiltration in sewer systems: comparison of measurement methods,” *Water Sci. Technol.*, vol. 52, no. 3, pp. 219–27, 2005.
- [26] O. Kracht, “Tracer-based hydrograph separation methods for sewer systems,” Swiss Federal Institute of Technology Zurich, 2007.
- [27] J. P. S. R. B. Paixão, “Afluências indevidas em sistemas de drenagem de águas residuais,” Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2016.
- [28] H. Brombach, G. Weiss, and S. Lucas, “Temporal Variation of Infiltration Inflow in Combined Sewer Systems,” University of Karlsruhe, 2002.
- [29] R. P. S. Schilperoort, “Natural water isotopes for the quantification of infiltration and inflow in sewer systems,” Delft University of Technology, 2004.
- [30] Greater Dublin Drainage, “Greater Dublin Strategic Drainage Study - Final Strategy Report,” Dublin, 2005.
- [31] G. Weiß, H. Brombach, and B. Haller, “Infiltration and inflow in combined sewer systems: Long-term analysis,” *Water Sci. Technol.*, vol. 45, no. 7, pp. 11–19, 2002.
- [32] S. S. Almeida and P. S. Monteiro, “Incidência de Caudais pluviais em Redes de Drenagem de Águas Residuais - Dois casos de estudo em Municípios do Norte de Portugal,” in *7º Congresso da Água*, 2004, p. 12.
- [33] J. B. Ellis and J.-L. Bertrand-Krajewski, “Assessing Infiltration and Exfiltration on the Performance of Urban Sewer Systems APUSS,” no. November, IWA Publishing, Londres, pp. 1–4, 2010.
- [34] J. M. Baptista and M. H. Escudeiro, “Recomendações de 2005 a 2007,” Lisboa, 2008.
- [35] J. De Bénédittis and J.-L. Bertrand-Krajewski, “Infiltration in sewer systems: comparison of measurement methods,” 2004.
- [36] O. Panasiuk, A. Hedström, J. Marsalek, R. M. Ashley, and M. Viklander, “Contamination of stormwater by wastewater: A review of detection methods,” *J. Environ. Manage.*, vol. 152, pp. 241–250, 2015.
- [37] D. C. Tuomari and S. Thompson, “Effective investigation techniques for illicit connection and discharge detection,” in *Proceedings of the Water Environment Federation*, 2003, pp. 17–20.
- [38] O. A. C. Hoes, R. P. S. Schilperoort, W. M. J. Luxemburg, F. H. L. R. Clemens, and N. C. van de Giesen, “Locating illicit connections in storm water sewers using fiber-optic distributed temperature sensing,” *Water Res.*, vol. 43, no. 20, pp. 5187–5197, 2009.
- [39] S. Gokhale and J. A. Graham, “A new development in locating leaks in sanitary sewers,” 2004.
- [40] J. D. Henriques, J. C. P. da Palma, and Á. S. Ribeiro, “Medição de caudal em sistemas de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais urbanas,” 2006.

- [41] R. Matos, A. Cardoso, R. Ashley, A. Schulz, P. Duarte, and A. Molinari, *Indicadores de desempenho para serviços de águas residuais*. Londres, 2004.
- [42] IPMA, “Udómetro,” 2018. [Online]. Available: <https://www.ipma.pt/pt/educativa/observar.tempo/index.jsp?page=ema.udom.xml>. [Accessed: 20-Jul-2018].
- [43] H. Alegre *et al.*, *Performance Indicators for Water Supply Services. Series: Manual of Best Practice*, 2^a Edição. Londres: International Water Association Publishing, 2006.
- [44] B. Machado, M. do C. Almeida, M. A. Cardoso, A. F. Pinto, L. Mamouros, and N. Brôco, “Minimização de afluentes indevidas em sistemas municipais de drenagem de águas residuais domésticas,” Évora, 2012.
- [45] M. A. Cardoso, M. do C. Almeida, C. Jorge, and R. S. Brito, “iAFLUI – Iniciativa nacional para o controlo de afluentes indevidas nos sistemas de drenagem urbana,” 2017.
- [46] A. Ribeiro and A. Cardoso, “Atas das I Jornadas Lusófonas de Ciências e Tecnologias de Informação Geográfica,” in *Integração de modelos de simulação em SIG: aplicação ao caso da drenagem de águas pluviais urbanas*, 2015.
- [47] Águas do Centro Litoral, “Relatório e Contas 2017,” 2017.
- [48] Águas de Valongo, “Relatório e Contas,” 2017.
- [49] Águas de Valongo, “Características do Sistema,” 2018. [Online]. Available: <https://www.valongo-bewater.com.pt/pt>. [Accessed: 18-Jun-2018].
- [50] J. A. A. de S. Marques and J. J. de O. Sousa, *Hidráulica Urbana - Sistemas de Abastecimento de Água e de Drenagem de Águas Residuais*, 3^a Edição. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2011.

ANEXOS

ANEXO A – Dados fornecidos pelas Águas de Valongo, S.A

ANEXO B – Dados fornecidos pelas Águas do Centro Litoral, S.A

ANEXO A – Dados fornecidos pelas Águas de Valongo, S.A ETAR ERMESINDE ALFENA

Tabela A.1 Registos de Caudal e Precipitação fornecidos pelas Águas de Valongo, S.A. (2015)

Data	Q (m3/d)	P (mm)	Data	Q (m3/d)	P (mm)	Data	Q (m3/d)	P (mm)	Data	Q (m3/d)	P (mm)	Data	Q (m3/d)	P (mm)	Data	Q (m3/d)	P (mm)
01-01-2015	252,7834375	0,0	01-03-2015	12507	6,8	01-05-2015	21836	31,8	01-07-2015	7888	0,0	01-09-2015	8035	0,0	01-11-2015	10701	0,0
02-01-2015	251,6771504	0,0	02-03-2015	18956	16,9	02-05-2015	14289	1,3	02-07-2015	8983	0,0	02-09-2015	8180	0,0	02-11-2015	13274	28,0
03-01-2015	263,7101174	0,0	03-03-2015	14223	0,6	03-05-2015	23380	25,7	03-07-2015	8530	0,0	03-09-2015	8126	0,0	03-11-2015	18879	7,4
04-01-2015	258,6432571	0,0	04-03-2015	13664	0,1	04-05-2015	27629	26,0	04-07-2015	8721	0,0	04-09-2015	8042	0,0	04-11-2015	23773	23,0
05-01-2015	250,3932026	0,0	05-03-2015	13122	0,0	05-05-2015	18480	0,5	05-07-2015	7984	0,0	05-09-2015	8291	0,0	05-11-2015	20942	13,6
06-01-2015	Falta	0,0	06-03-2015	12527	0,0	06-05-2015	15207	0,3	06-07-2015	8435	0,0	06-09-2015	7585	0,0	06-11-2015	15213	1,0
07-01-2015	226,4638613	0,0	07-03-2015	12575	0,0	07-05-2015	16073	12,5	07-07-2015	8568	0,0	07-09-2015	7959	0,0	07-11-2015	14037	0,0
08-01-2015	238,312188	0,0	08-03-2015	12052	0,0	08-05-2015	14779	7,5	08-07-2015	8357	0,0	08-09-2015	8133	0,0	08-11-2015	12329	0,0
09-01-2015	238,4349024	1,9	09-03-2015	11628	0,0	09-05-2015	13223	0,1	09-07-2015	8503	0,0	09-09-2015	8080	0,2	09-11-2015	11084	0,0
10-01-2015	244,9689723	0,0	10-03-2015	11504	0,0	10-05-2015	12142	0,0	10-07-2015	8007	0,0	10-09-2015	8187	0,0	10-11-2015	11020	0,0
11-01-2015	241,3012589	0,0	11-03-2015	11082	0,0	11-05-2015	11686	0,0	11-07-2015	8852	0,0	11-09-2015	8100	0,0	11-11-2015	10666	0,2
12-01-2015	215,2281908	0,0	12-03-2015	11123	0,0	12-05-2015	11281	0,0	12-07-2015	7782	0,0	12-09-2015	8516	0,0	12-11-2015	10457	0,2
13-01-2015	295,8650654	8,2	13-03-2015	11247	0,0	13-05-2015	10847	0,0	13-07-2015	8239	0,0	13-09-2015	10053	6,7	13-11-2015	10001	5,0
14-01-2015	254,4436207	0,0	14-03-2015	10949	0,0	14-05-2015	10729	0,0	14-07-2015	8298	0,0	14-09-2015	8089	0,6	14-11-2015	10641	0,0
15-01-2015	426,9118955	30,4	15-03-2015	10130	0,0	15-05-2015	10585	0,0	15-07-2015	8435	0,0	15-09-2015	23454	61,8	15-11-2015	10174	0,0
16-01-2015	320,5595487	8,1	16-03-2015	9904	0,0	16-05-2015	11497	0,0	16-07-2015	8258	0,0	16-09-2015	17857	11,4	16-11-2015	9808	0,2
17-01-2015	331,9488311	8,5	17-03-2015	9779	0,0	17-05-2015	10233	0,0	17-07-2015	8531	0,0	17-09-2015	10525	1,6	17-11-2015	9573	0,2

Desenvolvimento de metodologia para análise e priorização de intervenções de Redução De Afluências Indevidas em Redes de Saneamento

18-01-2015	311,7541675	5,7	18-03-2015	9579	0,6	18-05-2015	9994	0,0	18-07-2015	8633	0,0	18-09-2015	9697	0,0	18-11-2015	9580	0,0
19-01-2015	254,7976235	0,1	19-03-2015	9356	0,0	19-05-2015	9670	0,0	19-07-2015	7527	0,0	19-09-2015	9670	0,0	19-11-2015	9525	0,0
20-01-2015	284,8387153	2,9	20-03-2015	9525	0,0	20-05-2015	9602	0,0	20-07-2015	8240	0,0	20-09-2015	9125	0,0	20-11-2015	8427	0,2
21-01-2015	274,8347272	3,1	21-03-2015	10199	0,0	21-05-2015	9449	0,0	21-07-2015	8212	0,0	21-09-2015	8794	0,0	21-11-2015	12348	7,8
22-01-2015	244,1813243	0,1	22-03-2015	9368	0,0	22-05-2015	9558	0,0	22-07-2015	8507	0,0	22-09-2015	8481	0,0	22-11-2015	11391	1,4
23-01-2015	271,2355353	1,1	23-03-2015	9156	0,0	23-05-2015	10040	0,0	23-07-2015	8266	0,0	23-09-2015	8556	0,0	23-11-2015	9672	0,0
24-01-2015	293,244538	0,1	24-03-2015	8975	0,0	24-05-2015	9061	0,0	24-07-2015	8063	1,2	24-09-2015	8475	0,0	24-11-2015	9502	0,0
25-01-2015	245,5823741	0,0	25-03-2015	8924	0,0	25-05-2015	9186	0,0	25-07-2015	8522	0,0	25-09-2015	8508	0,0	25-11-2015	Falta	0,2
26-01-2015	254,0685262	0,0	26-03-2015	9191	0,7	26-05-2015	9251	0,0	26-07-2015	7079	0,0	26-09-2015	8859	0,0	26-11-2015	8986	0,0
27-01-2015	235,6893102	0,0	27-03-2015	9824	0,8	27-05-2015	8909	0,0	27-07-2015	7743	0,0	27-09-2015	8631	0,0	27-11-2015	9119	0,0
28-01-2015	230,8934578	0,0	28-03-2015	9946	0,0	28-05-2015	8671	0,2	28-07-2015	8293	0,0	28-09-2015	8603	0,0	28-11-2015	10165	0,0
29-01-2015	252,7834375	26,7	29-03-2015	Falta	0,0	29-05-2015	8922	0,3	29-07-2015	7942	0,0	29-09-2015	8628	0,0	29-11-2015	9544	0,0
30-01-2015	251,6771504	52,2	30-03-2015	Falta	0,0	30-05-2015	9389	0,2	30-07-2015	8103	0,0	30-09-2015	8474	0,0	30-11-2015	9238	0,0
31-01-2015	263,7101174	19,2	31-03-2015	Falta	0,0	31-05-2015	8439	0,2	31-07-2015	8453	1,5	01-10-2015	8701	0,0	01-12-2015	9230	0,0
01-02-2015	258,6432571	1,1	01-04-2015	Falta	0,0	01-06-2015	8293	0,4	01-08-2015	8554	0,0	02-10-2015	8642	0,0	02-12-2015	9169	0,6
02-02-2015	250,3932026	27,8	02-04-2015	Falta	0,0	02-06-2015	8477	0,0	02-08-2015	7559	0,0	03-10-2015	9060	0,0	03-12-2015	9406	0,0
03-02-2015	Falta	7,6	03-04-2015	9650	0,0	03-06-2015	8306	0,0	03-08-2015	8736	0,0	04-10-2015	11387	8,7	04-12-2015	9177	0,0
04-02-2015	226,4638613	0,1	04-04-2015	9309	0,0	04-06-2015	8995	0,0	04-08-2015	8458	0,0	05-10-2015	11592	1,1	05-12-2015	9439	0,0
05-02-2015	238,312188	0,0	05-04-2015	8529	0,0	05-06-2015	8146	0,0	05-08-2015	8194	0,0	06-10-2015	10626	1,0	06-12-2015	9228	0,0
06-02-2015	238,4349024	0,0	06-04-2015	8921	0,0	06-06-2015	9260	0,0	06-08-2015	8519	0,0	07-10-2015	9099	0,0	07-12-2015	9217	1,2
07-02-2015	244,9689723	0,0	07-04-2015	8695	0,0	07-06-2015	7292	0,1	07-08-2015	8647	0,0	08-10-2015	8986	0,1	08-12-2015	14975	13,2
08-02-2015	241,3012589	0,0	08-04-2015	Falta	4,4	08-06-2015	8788	0,2	08-08-2015	8226	0,0	09-10-2015	9042	0,0	09-12-2015	8884	0,2
09-02-2015	215,2281908	0,0	09-04-2015	8921	2,4	09-06-2015	8614	0,0	09-08-2015	7559	0,0	10-10-2015	9306	1,3	10-12-2015	9068	0,0

**Desenvolvimento de metodologia para análise e priorização de intervenções de Redução De Afluências Indevidas
em Redes de Saneamento**

10-02-2015	295,8650654	0,0	10-04-2015	9303	1,9	10-06-2015	8215	0,0	10-08-2015	8087	0,0	11-10-2015	14256	1,9	11-12-2015	9361	0,2
11-02-2015	254,4436207	0,0	11-04-2015	9374	0,1	11-06-2015	8344	0,0	11-08-2015	Falta	0,0	12-10-2015	10033	0,7	12-12-2015	8974	0,0
12-02-2015	426,9118955	0,1	12-04-2015	8497	0,0	12-06-2015	8921	0,0	12-08-2015	8244	0,0	13-10-2015	9083	0,0	13-12-2015	10286	0,0
13-02-2015	320,5595487	10,5	13-04-2015	8626	0,6	13-06-2015	9933	11,2	13-08-2015	8125	0,0	14-10-2015	8997	0,0	14-12-2015	15096	24,4
14-02-2015	331,9488311	20,1	14-04-2015	8209	0,0	14-06-2015	16107	21,9	14-08-2015	8079	0,0	15-10-2015	9213	0,0	15-12-2015	13259	0,4
15-02-2015	311,7541675	4,4	15-04-2015	10343	12,8	15-06-2015	9329	0,0	15-08-2015	8015	0,0	16-10-2015	8859	0,0	16-12-2015	10454	0,0
16-02-2015	254,7976235	0,7	16-04-2015	8714	3,1	16-06-2015	10014	0,0	16-08-2015	7628	0,0	17-10-2015	9596	2,5	17-12-2015	10261	1,2
17-02-2015	284,8387153	0,0	17-04-2015	9308	1,7	17-06-2015	9654	0,0	17-08-2015	7999	0,0	18-10-2015	12566	21,4	18-12-2015	11872	4,4
18-02-2015	274,8347272	0,0	18-04-2015	14113	11,2	18-06-2015	9259	0,0	18-08-2015	8135	0,0	19-10-2015	8879	0,0	19-12-2015	10117	0,4
19-02-2015	244,1813243	0,0	19-04-2015	8875	0,0	19-06-2015	9299	0,0	19-08-2015	8234	3,2	20-10-2015	8857	0,0	20-12-2015	11744	11,6
20-02-2015	271,2355353	18,7	20-04-2015	8543	0,0	20-06-2015	9588	0,0	20-08-2015	8105	0,0	21-10-2015	8892	0,0	21-12-2015	Falta	0,0
21-02-2015	293,244538	1,7	21-04-2015	8546	0,0	21-06-2015	8395	0,0	21-08-2015	8269	0,0	22-10-2015	8831	0,0	22-12-2015	Falta	0,0
22-02-2015	245,5823741	0,0	22-04-2015	10270	3,0	22-06-2015	8314	0,0	22-08-2015	8111	0,6	23-10-2015	8936	0,0	23-12-2015	12519	5,2
23-02-2015	254,0685262	16,4	23-04-2015	9895	0,0	23-06-2015	8662	0,0	23-08-2015	10194	16,2	24-10-2015	9867	2,8	24-12-2015	12195	1,8
24-02-2015	235,6893102	1,8	24-04-2015	10931	12,3	24-06-2015	8578	0,0	24-08-2015	Falta	2,6	25-10-2015	9363	0,0	25-12-2015	9887	1,0
25-02-2015	230,8934578	1,6	25-04-2015	15212	9,9	25-06-2015	8919	0,0	25-08-2015	Falta	0,0	26-10-2015	15932	17,5	26-12-2015	11004	0,0
26-02-2015	252,7834375	1,5	26-04-2015	15404	5,5	26-06-2015	9054	0,0	26-08-2015	8030	0,2	27-10-2015	15298	5,6	27-12-2015	10447	0,0
27-02-2015	251,6771504	0,5	27-04-2015	Falta	4,1	27-06-2015	9470	0,0	27-08-2015	9283	3,2	28-10-2015	19013	7,2	28-12-2015	18871	30,4
28-02-2015	263,7101174	4,5	28-04-2015	9752	0,0	28-06-2015	8674	0,0	28-08-2015	8152	1,0	29-10-2015	24812	7,1	29-12-2015	12755	0,2
			29-04-2015	10928	0,1	29-06-2015	8458	0,0	29-08-2015	7967	0,2	30-10-2015	12045	0,0	30-12-2015	16407	15,0
			30-04-2015	9435	0,0	30-06-2015	8297	0,0	30-08-2015	7223	0,0	31-10-2015	12302	2,1	31-12-2015	14650	0,2
									31-08-2015	7401	0,2						

BACIA A14

Tabela A.2 Registos de Caudal e Precipitação utilizados na análise da bacia A14.

Data	Q (m3/d)	P (mm)	Data	Q (m3/d)	P (mm)	Data	Q (m3/d)	P (mm)	Data	Q (m3/d)	P (mm)	Data	Q (m3/d)	P (mm)	Data	Q (m3/d)	P (mm)
01-01-2015	349	15,6	01-03-2015	715	0,0	01-05-2015	494	0,0	01-07-2015	971	0,0	01-09-2015	308	0,0	01-11-2015	503	0,0
02-01-2015	361	1,2	02-03-2015	1197	0,1	02-05-2015	877	0,0	02-07-2015	1030	0,0	02-09-2015	298	0,0	02-11-2015	1504	0,0
03-01-2015	1500	64,8	03-03-2015	1369	0,0	03-05-2015	2625	0,0	03-07-2015	1007	0,0	03-09-2015	272	0,0	03-11-2015	1866	0,0
04-01-2015	2516	22,4	04-03-2015	1154	8,1	04-05-2015	2913	0,0	04-07-2015	1325	0,0	04-09-2015	340	0,0	04-11-2015	1688	2,0
05-01-2015	1301	0,0	05-03-2015	945	0,7	05-05-2015	2331	4,4	05-07-2015	1151	0,0	05-09-2015	294	0,0	05-11-2015	813	0,0
06-01-2015	334	0,0	06-03-2015	838	0,5	06-05-2015	895	5,8	06-07-2015	907	0,0	06-09-2015	271	0,0	06-11-2015	649	0,0
07-01-2015	357	2,4	07-03-2015	851	2,4	07-05-2015	782	5,5	07-07-2015	330	0,0	07-09-2015	302	0,0	07-11-2015	682	0,0
08-01-2015	333	18,0	08-03-2015	830	0,0	08-05-2015	600	9,1	08-07-2015	286	0,0	08-09-2015	306	0,0	08-11-2015	629	3,4
09-01-2015	320	24,0	09-03-2015	751	6,6	09-05-2015	625	27,5	09-07-2015	278	0,0	09-09-2015	379	0,0	09-11-2015	648	20,6
10-01-2015	333	0,0	10-03-2015	781	0,0	10-05-2015	592	2,2	10-07-2015	272	0,0	10-09-2015	353	0,0	10-11-2015	586	1,2
11-01-2015	310	15,8	11-03-2015	677	0,0	11-05-2015	538	3,2	11-07-2015	267	0,0	11-09-2015	392	0,2	11-11-2015	550	0,2
12-01-2015	356	7,2	12-03-2015	611	0,0	12-05-2015	531	0,3	12-07-2015	296	0,0	12-09-2015	415	0,0	12-11-2015	516	12,0
13-01-2015	649	0,0	13-03-2015	609	0,0	13-05-2015	517	0,0	13-07-2015	266	0,0	13-09-2015	344	29,2	13-11-2015	515	0,2
14-01-2015	485	0,0	14-03-2015	552	0,0	14-05-2015	543	0,0	14-07-2015	295	0,0	14-09-2015	2081	0,2	14-11-2015	458	0,0
15-01-2015	1364	0,0	15-03-2015	575	1,0	15-05-2015	542	0,0	15-07-2015	315	0,0	15-09-2015	831	3,8	15-11-2015	445	0,0
16-01-2015	675	8,0	16-03-2015	507	0,0	16-05-2015	483	0,0	16-07-2015	259	0,0	16-09-2015	551	0,2	16-11-2015	421	0,0
17-01-2015	894	3,6	17-03-2015	451	0,0	17-05-2015	430	0,0	17-07-2015	291	0,0	17-09-2015	595	0,0	17-11-2015	398	0,0
18-01-2015	939	4,8	18-03-2015	465	0,6	18-05-2015	414	0,0	18-07-2015	263	0,0	18-09-2015	468	0,0	18-11-2015	366	2,4

**Desenvolvimento de metodologia para análise e priorização de intervenções de Redução De Afluências Indevidas
em Redes de Saneamento**

19-01-2015	832	0,0	19-03-2015	439	1,0	19-05-2015	394	0,0	19-07-2015	270	0,0	19-09-2015	407	0,0	19-11-2015	361	11,2
20-01-2015	556	5,2	20-03-2015	436	8,0	20-05-2015	365	0,0	20-07-2015	317	0,0	20-09-2015	352	0,0	20-11-2015	434	31,0
21-01-2015	603	4,6	21-03-2015	427	0,2	21-05-2015	331	0,3	21-07-2015	281	0,0	21-09-2015	339	0,0	21-11-2015	417	17,2
22-01-2015	520	2,6	22-03-2015	420	0,0	22-05-2015	352	4,5	22-07-2015	288	0,0	22-09-2015	337	0,0	22-11-2015	425	0,2
23-01-2015	558	0,6	23-03-2015	375	0,0	23-05-2015	319	0,0	23-07-2015	284	0,0	23-09-2015	344	0,0	23-11-2015	357	0,0
24-01-2015	533	0,0	24-03-2015	355	0,0	24-05-2015	302	2,5	24-07-2015	330	0,0	24-09-2015	312	8,0	24-11-2015	335	32,8
25-01-2015	527	10,6	25-03-2015	338	0,3	25-05-2015	294	4,5	25-07-2015	298	0,0	25-09-2015	325	0,8	25-11-2015	342	9,4
26-01-2015	484	0,0	26-03-2015	356	11,3	26-05-2015	899	0,0	26-07-2015	304	0,0	26-09-2015	336	0,0	26-11-2015	328	16,2
27-01-2015	478	0,0	27-03-2015	343	1,0	27-05-2015	2185	3,5	27-07-2015	286	0,0	27-09-2015	309	0,0	27-11-2015	311	0,2
28-01-2015	484	20,0	28-03-2015	349	59,7	28-05-2015	5110	10,8	28-07-2015	282	0,0	28-09-2015	305	0,0	28-11-2015	330	0,0
29-01-2015	974	0,0	29-03-2015	346	12,4	29-05-2015	5132	2,0	29-07-2015	312	0,0	29-09-2015	349	0,0	29-11-2015	336	0,0
30-01-2015	4308	0,2	30-03-2015	342	3,4	30-05-2015	5791	0,1	30-07-2015	307	0,0	30-09-2015	430	0,0	30-11-2015	322	0,0
31-01-2015	2539	2,8	31-03-2015	330	1,5	31-05-2015	6039	0,0	31-07-2015	310	0,0	01-10-2015	Falta	0,0	01-12-2015	340	0,0
01-02-2015	2301	0,0	01-04-2015	385	0,0	01-06-2015	2356	0,0	01-08-2015	363	0,0	02-10-2015	Falta	0,2	02-12-2015	336	0,0
02-02-2015	2385	0,0	02-04-2015	353	2,3	02-06-2015	384	0,0	02-08-2015	290	0,0	03-10-2015	Falta	0,0	03-12-2015	326	1,0
03-02-2015	2108	0,0	03-04-2015	361	13,2	03-06-2015	800	0,0	03-08-2015	304	0,0	04-10-2015	Falta	0,0	04-12-2015	310	0,0
04-02-2015	1911	0,0	04-04-2015	364	16,0	04-06-2015	1097	0,0	04-08-2015	318	0,2	05-10-2015	Falta	0,0	05-12-2015	323	0,0
05-02-2015	1681	0,0	05-04-2015	323	0,0	05-06-2015	1376	0,0	05-08-2015	343	0,0	06-10-2015	Falta	0,0	06-12-2015	298	0,0
06-02-2015	1252	3,4	06-04-2015	388	0,0	06-06-2015	1143	2,1	06-08-2015	300	0,0	07-10-2015	Falta	0,0	07-12-2015	436	0,0
07-02-2015	862	0,5	07-04-2015	288	0,0	07-06-2015	991	0,0	07-08-2015	279	0,0	08-10-2015	Falta	0,0	08-12-2015	284	0,0
08-02-2015	649	2,4	08-04-2015	310	0,0	08-06-2015	1054	0,0	08-08-2015	301	0,0	09-10-2015	Falta	0,0	09-12-2015	330	0,0
09-02-2015	580	34,3	09-04-2015	313	3,3	09-06-2015	944	0,0	09-08-2015	262	0,0	10-10-2015	Falta	0,0	10-12-2015	342	0,0
10-02-2015	577	16,2	10-04-2015	361	14,8	10-06-2015	1009	0,0	10-08-2015	258	0,0	11-10-2015	Falta	8,6	11-12-2015	331	0,0

Desenvolvimento de metodologia para análise e priorização de intervenções de Redução De Afluências Indevidas em Redes de Saneamento

11-02-2015	618	18,9	11-04-2015	446	7,8	11-06-2015	983	0,0	11-08-2015	301	0,0	12-10-2015	Falta	6,0	12-12-2015	348	0,0
12-02-2015	600	105,1	12-04-2015	342	8,1	12-06-2015	1013	0,1	12-08-2015	304	0,0	13-10-2015	Falta	0,0	13-12-2015	385	0,0
13-02-2015	657	51,4	13-04-2015	330	0,3	13-06-2015	1889	0,3	13-08-2015	331	0,0	14-10-2015	Falta	0,2	14-12-2015	719	0,0
14-02-2015	1027	11,8	14-04-2015	402	11,8	14-06-2015	1226	1,6	14-08-2015	332	0,0	15-10-2015	Falta	0,0	15-12-2015	370	12,6
15-02-2015	641	0,3	15-04-2015	400	27,2	15-06-2015	1255	2,3	15-08-2015	308	0,0	16-10-2015	Falta	0,0	16-12-2015	396	0,8
16-02-2015	598	0,0	16-04-2015	321	20,8	16-06-2015	1236	2,9	16-08-2015	320	0,0	17-10-2015	Falta	13,6	17-12-2015	450	0,0
17-02-2015	630	0,0	17-04-2015	471	4,5	17-06-2015	1150	0,0	17-08-2015	311	0,6	18-10-2015	Falta	13,0	18-12-2015	359	0,0
18-02-2015	623	0,0	18-04-2015	385	0,0	18-06-2015	1153	0,0	18-08-2015	280	0,0	19-10-2015	Falta	0,2	19-12-2015	492	0,0
19-02-2015	587	0,0	19-04-2015	343	2,2	19-06-2015	1441	0,0	19-08-2015	297	5,0	20-10-2015	Falta	0,0	20-12-2015	456	0,0
20-02-2015	792	2,1	20-04-2015	350	0,0	20-06-2015	1094	0,0	20-08-2015	281	0,0	21-10-2015	Falta	0,0	21-12-2015	389	0,0
21-02-2015	566	0,0	21-04-2015	344	3,2	21-06-2015	1079	0,0	21-08-2015	312	0,0	22-10-2015	Falta	14,8	22-12-2015	423	0,0
22-02-2015	629	0,0	22-04-2015	324	0,0	22-06-2015	1181	0,0	22-08-2015	315	0,0	23-10-2015	Falta	30,4	23-12-2015	522	0,2
23-02-2015	645	0,0	23-04-2015	287	0,2	23-06-2015	1391	0,0	23-08-2015	410	0,0	24-10-2015	Falta	0,0	24-12-2015	514	0,0
24-02-2015	602	16,9	24-04-2015	336	0,0	24-06-2015	1203	0,0	24-08-2015	299	4,2	25-10-2015	Falta	0,4	25-12-2015	527	0,0
25-02-2015	574	2,1	25-04-2015	732	0,0	25-06-2015	1563	0,0	25-08-2015	348	0,0	26-10-2015	Falta	0,0	26-12-2015	457	0,2
26-02-2015	603	18,5	26-04-2015	363	0,0	26-06-2015	1106	0,0	26-08-2015	317	0,0	27-10-2015	Falta	0,0	27-12-2015	619	0,0
27-02-2015	584	3,1	27-04-2015	425	0,0	27-06-2015	1262	0,0	27-08-2015	308	0,0	28-10-2015	Falta	0,0	28-12-2015	744	0,0
28-02-2015	627	0,0	28-04-2015	310	0,0	28-06-2015	1122	0,0	28-08-2015	292	0,0	29-10-2015	Falta	0,0	29-12-2015	528	0,0
			29-04-2015	321	0,0	29-06-2015	1003	0,0	29-08-2015	354	0,0	30-10-2015	Falta	0,0	30-12-2015	794	0,0
			30-04-2015	717	0,0	30-06-2015	935	0,0	30-08-2015	336	0,0	31-10-2015	Falta	0,0	31-12-2015	Falta	0,0
									31-08-2015	393	0,0						

CARACTERÍSTICAS DAS REDES E BACIAS ESTUDADAS

Tabela A.3 Características da rede e da bacia A14.

Bacia A14					
Características da rede					
Diâmetro condutas (mm)	Comprimento (km)	Inclinação média (m/m)	Material das condutas Tipo e extensão		
			PVC	-	-
200	5,7	0,09	5,7 km		
Características da bacia					
Ocupação do solo Tipo e percentagem			Proximidade a níveis freáticos	Tráfego	
Periferia	Zona verde	-	Sim	2	
70 %	30%	-			

Tabela A.4 Características da rede e da bacia A19.

Bacia A19					
Características da rede					
Diâmetro condutas (mm)	Comprimento (km)	Inclinação média (m/m)	Material das condutas Tipo e extensão		
			PVC	-	-
200	8,5	0,04	8,5 km		
Características da bacia					
Ocupação do solo Tipo e percentagem			Proximidade a níveis freáticos	Tráfego	
Periferia	Zona Industrial	Habitações privadas na periferia	Sim	4	
50 %	30%	20%			

Tabela A.5 Características da rede e da bacia A17.

Bacia A17					
Características da rede					
Diâmetro condutas (mm)	Comprimento (km)	Inclinação média (m/m)	Material das condutas Tipo e extensão		
			PVC	FFD	-
200	1,8	0,03	1,6 km	0,1 km	
Características da bacia					
Ocupação do solo Tipo e percentagem			Proximidade a níveis freáticos	Tráfego	
Periferia	Habitações privadas na periferia	-	Sim	2	
80 %	20 %	-			

Tabela A.6 Características da rede e da bacia A23.

Bacia A23					
Características da rede					
Diâmetro condutas (mm)	Comprimento (km)	Inclinação média (m/m)	Material das condutas Tipo e extensão		
			PVC	-	-
200	8,5	0,03	1,7 km		
Características da bacia					
Ocupação do solo Tipo e percentagem			Proximidade a níveis freáticos	Tráfego	
Periferia	Zona Industrial	Habitações privadas na periferia	Sim	2	
50 %	20%	30%			

Tabela A.7 Características da rede e da bacia E7.

Bacia E7					
Características da rede					
Diâmetro condutas (mm)	Comprimento (km)	Inclinação média (m/m)	Material das condutas Tipo e extensão		
			PVC	-	-
200	4,4	0,04	4,4 km		
Características da bacia					
Ocupação do solo Tipo e percentagem			Proximidade a níveis freáticos	Tráfego	
Periferia	Habitações privadas na periferia	-	Sim	4	
60%	40%	-			

Tabela A.8 Características da rede e da bacia E14.

Bacia E14					
Características da rede					
Diâmetro condutas (mm)	Comprimento (km)	Inclinação média (m/m)	Material das condutas Tipo e extensão		
			PVC	PEAD	-
200	16,2	0,04	14,7 km	1,5	
Características da bacia					
Ocupação do solo Tipo e percentagem			Proximidade a níveis freáticos	Tráfego	
Periferia	Habitações privadas na periferia	-	Sim	5	
60%	40%	-			

Tabela A.9 Indicadores de Desempenho determinados pelo Método Mínimo Móvel 7 dias.

Bacia	Valor	Infiltração			Afluências indevidas (infiltração + escoamento superficial)	
		ID1 Q_{INF}/Q_{SC}	ID2 Q_{INF}/Q_{MTS}	ID4 $Q_{INF}/L_{COLETOR}$	ID6 Q_{AI}/Q_{SC}	ID7 V_{AI}/V_{MTS}
A14	Médio	0,34	0,3	30	1,4	3,6
	Mínimo	0,12	0,1	10	0,17	0,4
	Máximo	1,47	1,3	130	11,5	29
A17	Médio	0,32	0,26	12,6	0,87	1,24
	Mínimo	0,037	0,03	1,46	0,037	0,1
	Máximo	1,72	1,4	67,7	2,91	4,1
A19	Médio	0,26	0,25	10	1,9	2,7
	Mínimo	0,015	0,014	0,57	0,01	0,01
	Máximo	0,54	0,53	21,4	14	19,9
A23	Médio	0,98	0,6	164	1,9	7,5
	Mínimo	0,7	0,4	112	0,75	2,9
	Máximo	1,75	1,07	292	7,3	28
E7	Médio	0,8	0,4	61	1,44	3,58
	Mínimo	0,05	0,03	3,8	0,05	0,1
	Máximo	2,37	1,18	180	5,6	13,9
E14	Médio	0,02	0,01	0,43	0,75	0,43
	Mínimo	0,02	0,01	0,43	0,003	0,002
	Máximo	0,02	0,01	0,43	7,93	4,5
ETAR	Médio	0,68	0,1	4,5	3,45	0,58
	Mínimo	0,03	0,001	0,06	0,01	0,002
	Máximo	2,75	0,4	18	14,1	2,36

ANEXO B – Dados fornecidos pelas Águas do Centro Litoral, S.A

REGISTOS DE PRECIPITAÇÃO

Tabela B.1 Registos de Precipitação da Estação Meteorológica de Oliveira do Bairro, consultados no SNIRH (2017)

Data	P (mm)	Data	P (mm)	Data	P (mm)	Data	P (mm)	Data	P (mm)	Data	P (mm)
01-01-2017	0,2	01-03-2017	1,8	01-05-2017	0,1	01-07-2017	0,1	01-09-2017	0,0	01-11-2017	0,0
02-01-2017	0,2	02-03-2017	0,2	02-05-2017	0,1	02-07-2017	0,1	02-09-2017	0,0	02-11-2017	0,0
03-01-2017	4,9	03-03-2017	9,0	03-05-2017	0,1	03-07-2017	0,1	03-09-2017	0,0	03-11-2017	6,7
04-01-2017	0,8	04-03-2017	10,2	04-05-2017	0,1	04-07-2017	0,0	04-09-2017	2,2	04-11-2017	26,7
05-01-2017	0,1	05-03-2017	2,6	05-05-2017	11,8	05-07-2017	0,0	05-09-2017	0,0	05-11-2017	0,1
06-01-2017	0,2	06-03-2017	5,0	06-05-2017	7,2	06-07-2017	0,0	06-09-2017	0,0	06-11-2017	0,0
07-01-2017	0,2	07-03-2017	0,6	07-05-2017	0,1	07-07-2017	3,7	07-09-2017	0,1	07-11-2017	0,0
08-01-2017	0,2	08-03-2017	0,3	08-05-2017	0,1	08-07-2017	0,2	08-09-2017	0,2	08-11-2017	0,0
09-01-2017	0,2	09-03-2017	0,3	09-05-2017	0,1	09-07-2017	0,3	09-09-2017	0,5	09-11-2017	0,2
10-01-2017	0,2	10-03-2017	0,2	10-05-2017	1,1	10-07-2017	0,1	10-09-2017	0,1	10-11-2017	0,1
11-01-2017	0,0	11-03-2017	0,0	11-05-2017	15,0	11-07-2017	0,3	11-09-2017	0,0	11-11-2017	0,3
12-01-2017	0,8	12-03-2017	0,1	12-05-2017	11,5	12-07-2017	0,0	12-09-2017	0,0	12-11-2017	0,2
13-01-2017	0,3	13-03-2017	0,0	13-05-2017	0,2	13-07-2017	0,1	13-09-2017	0,2	13-11-2017	0,1
14-01-2017	0,0	14-03-2017	0,0	14-05-2017	0,4	14-07-2017	0,1	14-09-2017	0,1	14-11-2017	0,1
15-01-2017	0,2	15-03-2017	0,0	15-05-2017	0,1	15-07-2017	0,0	15-09-2017	0,0	15-11-2017	0,2
16-01-2017	0,1	16-03-2017	0,1	16-05-2017	0,0	16-07-2017	0,0	16-09-2017	0,0	16-11-2017	0,1
17-01-2017	0,2	17-03-2017	0,1	17-05-2017	0,0	17-07-2017	0,0	17-09-2017	0,1	17-11-2017	0,1
18-01-2017	0,1	18-03-2017	0,1	18-05-2017	0,0	18-07-2017	0,0	18-09-2017	1,8	18-11-2017	0,1
19-01-2017	0,0	19-03-2017	0,2	19-05-2017	0,1	19-07-2017	0,0	19-09-2017	0,2	19-11-2017	0,1
20-01-2017	0,2	20-03-2017	0,0	20-05-2017	0,1	20-07-2017	0,0	20-09-2017	0,1	20-11-2017	0,2
21-01-2017	0,1	21-03-2017	0,8	21-05-2017	0,0	21-07-2017	0,0	21-09-2017	0,0	21-11-2017	0,0
22-01-2017	0,2	22-03-2017	7,6	22-05-2017	0,0	22-07-2017	0,0	22-09-2017	0,0	22-11-2017	0,1

Desenvolvimento de metodologia para análise e priorização de intervenções de Redução De Afluências Indevidas em Redes de Saneamento

23-01-2017	0,1	23-03-2017	10,1	23-05-2017	0,1	23-07-2017	0,0	23-09-2017	0,0	23-11-2017	19,9
24-01-2017	0,2	24-03-2017	0,7	24-05-2017	0,0	24-07-2017	0,0	24-09-2017	0,0	24-11-2017	4,2
25-01-2017	0,1	25-03-2017	3,8	25-05-2017	0,6	25-07-2017	0,0	25-09-2017	0,8	25-11-2017	5,4
26-01-2017	0,7	26-03-2017	12,5	26-05-2017	0,2	26-07-2017	0,0	26-09-2017	0,2	26-11-2017	0,2
27-01-2017	17,2	27-03-2017	12,1	27-05-2017	0,0	27-07-2017	0,0	27-09-2017	0,2	27-11-2017	0,1
28-01-2017	14,0	28-03-2017	1,0	28-05-2017	0,1	28-07-2017	0,0	28-09-2017	0,3	28-11-2017	1,8
29-01-2017	19,3	29-03-2017	0,1	29-05-2017	6,1	29-07-2017	0,0	29-09-2017	0,1	29-11-2017	3,0
30-01-2017	16,5	30-03-2017	0,1	30-05-2017	5,3	30-07-2017	0,0	30-09-2017	0,0	30-11-2017	0,1
31-01-2017	1,5	31-03-2017	3,4	31-05-2017	0,0	31-07-2017	0,0	01-10-2017	0,0	01-12-2017	0,2
01-02-2017	1,4	01-04-2017	3,2	01-06-2017	0,0	01-08-2017	0,0	02-10-2017	0,0	02-12-2017	0,1
02-02-2017	9,8	02-04-2017	0,2	02-06-2017	0,0	02-08-2017	0,0	03-10-2017	0,0	03-12-2017	0,2
03-02-2017	7,5	03-04-2017	0,2	03-06-2017	0,0	03-08-2017	0,0	04-10-2017	0,1	04-12-2017	0,1
04-02-2017	2,9	04-04-2017	0,2	04-06-2017	0,1	04-08-2017	0,0	05-10-2017	0,2	05-12-2017	0,2
05-02-2017	10,7	05-04-2017	0,1	05-06-2017	0,1	05-08-2017	0,0	06-10-2017	0,2	06-12-2017	0,2
06-02-2017	0,0	06-04-2017	0,0	06-06-2017	1,3	06-08-2017	0,0	07-10-2017	0,1	07-12-2017	0,1
07-02-2017	8,3	07-04-2017	0,2	07-06-2017	0,1	07-08-2017	0,0	08-10-2017	0,0	08-12-2017	0,1
08-02-2017	0,2	08-04-2017	0,1	08-06-2017	0,0	08-08-2017	0,0	09-10-2017	0,0	09-12-2017	1,2
09-02-2017	0,1	09-04-2017	0,1	09-06-2017	0,0	09-08-2017	0,0	10-10-2017	0,0	10-12-2017	2,0
10-02-2017	8,9	10-04-2017	0,1	10-06-2017	0,1	10-08-2017	0,0	11-10-2017	0,3	11-12-2017	50,7
11-02-2017	1,3	11-04-2017	0,1	11-06-2017	0,0	11-08-2017	0,0	12-10-2017	0,0	12-12-2017	3,9
12-02-2017	0,9	12-04-2017	0,1	12-06-2017	0,1	12-08-2017	0,0	13-10-2017	0,0	13-12-2017	0,5
13-02-2017	11,7	13-04-2017	0,1	13-06-2017	0,0	13-08-2017	0,0	14-10-2017	0,1	14-12-2017	5,1
14-02-2017	5,3	14-04-2017	0,0	14-06-2017	0,0	14-08-2017	0,0	15-10-2017	0,0	15-12-2017	6,9
15-02-2017	2,4	15-04-2017	0,0	15-06-2017	0,0	15-08-2017	0,0	16-10-2017	0,0	16-12-2017	0,1
16-02-2017	0,1	16-04-2017	0,1	16-06-2017	0,1	16-08-2017	0,0	17-10-2017	12,6	17-12-2017	0,2
17-02-2017	0,2	17-04-2017	0,0	17-06-2017	0,1	17-08-2017	0,0	18-10-2017	22,2	18-12-2017	0,2
18-02-2017	0,9	18-04-2017	0,1	18-06-2017	0,0	18-08-2017	0,0	19-10-2017	0,1	19-12-2017	0,3
19-02-2017	1,0	19-04-2017	5,6	19-06-2017	0,1	19-08-2017	0,0	20-10-2017	3,9	20-12-2017	0,0

**Desenvolvimento de metodologia para análise e priorização de intervenções de Redução De Afluências Indevidas
em Redes de Saneamento**

20-02-2017	0,1	20-04-2017	0,0	20-06-2017	4,8	20-08-2017	0,0	21-10-2017	5,6	21-12-2017	0,3
21-02-2017	0,1	21-04-2017	0,0	21-06-2017	0,0	21-08-2017	0,0	22-10-2017	0,2	22-12-2017	0,1
22-02-2017	0,2	22-04-2017	0,0	22-06-2017	0,1	22-08-2017	0,0	23-10-2017	0,2	23-12-2017	0,3
23-02-2017	0,1	23-04-2017	0,0	23-06-2017	0,1	23-08-2017	0,0	24-10-2017	0,1	24-12-2017	0,1
24-02-2017	0,1	24-04-2017	0,1	24-06-2017	0,1	24-08-2017	0,0	25-10-2017	0,2	25-12-2017	0,9
25-02-2017	0,3	25-04-2017	0,1	25-06-2017	0,0	25-08-2017	0,0	26-10-2017	0,1	26-12-2017	11,1
26-02-2017	0,0	26-04-2017	0,0	26-06-2017	0,1	26-08-2017	0,0	27-10-2017	0,2	27-12-2017	30,7
27-02-2017	1,5	27-04-2017	0,0	27-06-2017	0,0	27-08-2017	0,0	28-10-2017	0,1	28-12-2017	11,2
28-02-2017	2,8	28-04-2017	0,0	28-06-2017	6,6	28-08-2017	0,0	29-10-2017	0,0	29-12-2017	6,9
		29-04-2017	0,0	29-06-2017	0,5	29-08-2017	0,0	30-10-2017	0,0	30-12-2017	2,3
		30-04-2017	14,2	30-06-2017	5,0	30-08-2017	0,0	31-10-2017	0,0	31-12-2017	0,2
						31-08-2017	0,0				

TROÇO A MONTANTE DE EE12

Tabela B.2 Registo de caudais no troço a montante de EE12.

Data	Q (m³/d)	Data	Q (m³/d)	Data	Q (m³/d)	Data	Q (m³/d)	Data	Q (m³/d)	Data	Q (m³/d)
01-01-2017	1290	01-03-2017	2679	01-05-2017	1456	01-07-2017	957	01-09-2017	866	01-11-2017	823
02-01-2017	1440	02-03-2017	2404	02-05-2017	1520	02-07-2017	909	02-09-2017	756	02-11-2017	969
03-01-2017	1412	03-03-2017	2751	03-05-2017	1540	03-07-2017	1054	03-09-2017	672	03-11-2017	1279
04-01-2017	1734	04-03-2017	2592	04-05-2017	1477	04-07-2017	1017	04-09-2017	852	04-11-2017	898
05-01-2017	1781	05-03-2017	2126	05-05-2017	1721	05-07-2017	1199	05-09-2017	784	05-11-2017	490
06-01-2017	1722	06-03-2017	2626	06-05-2017	1430	06-07-2017	1250	06-09-2017	792	06-11-2017	1030
07-01-2017	1536	07-03-2017	2499	07-05-2017	1376	07-07-2017	1130	07-09-2017	772	07-11-2017	Falta
08-01-2017	1384	08-03-2017	2466	08-05-2017	1438	08-07-2017	953	08-09-2017	644	08-11-2017	1177
09-01-2017	1494	09-03-2017	2406	09-05-2017	1601	09-07-2017	949	09-09-2017	661	09-11-2017	892
10-01-2017	1495	10-03-2017	2509	10-05-2017	2039	10-07-2017	1169	10-09-2017	613	10-11-2017	846
11-01-2017	1544	11-03-2017	2471	11-05-2017	2082	11-07-2017	1234	11-09-2017	719	11-11-2017	794
12-01-2017	1490	12-03-2017	2362	12-05-2017	2543	12-07-2017	1203	12-09-2017	783	12-11-2017	728
13-01-2017	1513	13-03-2017	2378	13-05-2017	2385	13-07-2017	1214	13-09-2017	782	13-11-2017	843
14-01-2017	1374	14-03-2017	2369	14-05-2017	1696	14-07-2017	1231	14-09-2017	858	14-11-2017	781
15-01-2017	1258	15-03-2017	2324	15-05-2017	2040	15-07-2017	1078	15-09-2017	797	15-11-2017	804
16-01-2017	1408	16-03-2017	2423	16-05-2017	2002	16-07-2017	1014	16-09-2017	740	16-11-2017	784
17-01-2017	1420	17-03-2017	2215	17-05-2017	1817	17-07-2017	1195	17-09-2017	594	17-11-2017	939
18-01-2017	1457	18-03-2017	1869	18-05-2017	1741	18-07-2017	1113	18-09-2017	838	18-11-2017	803
19-01-2017	1373	19-03-2017	2152	19-05-2017	1670	19-07-2017	1219	19-09-2017	679	19-11-2017	748
20-01-2017	1375	20-03-2017	2251	20-05-2017	1496	20-07-2017	1165	20-09-2017	902	20-11-2017	825
21-01-2017	1249	21-03-2017	2159	21-05-2017	1292	21-07-2017	1198	21-09-2017	792	21-11-2017	835
22-01-2017	1163	22-03-2017	2492	22-05-2017	1452	22-07-2017	1023	22-09-2017	896	22-11-2017	787
23-01-2017	1314	23-03-2017	2522	23-05-2017	1367	23-07-2017	953	23-09-2017	737	23-11-2017	1006
24-01-2017	1321	24-03-2017	2164	24-05-2017	1375	24-07-2017	1178	24-09-2017	723	24-11-2017	861

**Desenvolvimento de metodologia para análise e priorização de intervenções de Redução De Afluências Indevidas
em Redes de Saneamento**

25-01-2017	1289	25-03-2017	2167	25-05-2017	1404	25-07-2017	1225	25-09-2017	750	25-11-2017	1325
26-01-2017	1908	26-03-2017	Falta	26-05-2017	1321	26-07-2017	1219	26-09-2017	746	26-11-2017	583
27-01-2017	2413	27-03-2017	3020	27-05-2017	1190	27-07-2017	1261	27-09-2017	737	27-11-2017	578
28-01-2017	1571	28-03-2017	2738	28-05-2017	1574	28-07-2017	1235	28-09-2017	871	28-11-2017	1073
29-01-2017	2705	29-03-2017	2481	29-05-2017	1622	29-07-2017	1031	29-09-2017	837	29-11-2017	835
30-01-2017	2962	30-03-2017	Falta	30-05-2017	1256	30-07-2017	948	30-09-2017	733	30-11-2017	795
31-01-2017	3012	31-03-2017	2515	31-05-2017	1351	31-07-2017	1126	01-10-2017	680	01-12-2017	779
01-02-2017	3047	01-04-2017	2652	01-06-2017	1264	01-08-2017	1131	02-10-2017	812	02-12-2017	857
02-02-2017	3051	02-04-2017	2571	02-06-2017	1348	02-08-2017	1128	03-10-2017	761	03-12-2017	727
03-02-2017	3028	03-04-2017	2401	03-06-2017	1131	03-08-2017	1050	04-10-2017	797	04-12-2017	837
04-02-2017	3047	04-04-2017	2387	04-06-2017	1047	04-08-2017	1071	05-10-2017	711	05-12-2017	916
05-02-2017	2960	05-04-2017	2263	05-06-2017	Falta	05-08-2017	1020	06-10-2017	835	06-12-2017	800
06-02-2017	2707	06-04-2017	2071	06-06-2017	1162	06-08-2017	901	07-10-2017	857	07-12-2017	715
07-02-2017	2681	07-04-2017	1841	07-06-2017	Falta	07-08-2017	Falta	08-10-2017	762	08-12-2017	919
08-02-2017	2668	08-04-2017	1103	08-06-2017	1219	08-08-2017	1003	09-10-2017	Falta	09-12-2017	804
09-02-2017	2665	09-04-2017	1241	09-06-2017	1185	09-08-2017	975	10-10-2017	775	10-12-2017	1202
10-02-2017	2695	10-04-2017	1644	10-06-2017	1044	10-08-2017	966	11-10-2017	845	11-12-2017	Falta
11-02-2017	2679	11-04-2017	1584	11-06-2017	942	11-08-2017	985	12-10-2017	846	12-12-2017	915
12-02-2017	2722	12-04-2017	1688	12-06-2017	1152	12-08-2017	912	13-10-2017	847	13-12-2017	956
13-02-2017	2670	13-04-2017	1538	13-06-2017	1227	13-08-2017	823	14-10-2017	847	14-12-2017	1167
14-02-2017	2641	14-04-2017	1313	14-06-2017	1109	14-08-2017	821	15-10-2017	729	15-12-2017	975
15-02-2017	2601	15-04-2017	1364	15-06-2017	947	15-08-2017	809	16-10-2017	783	16-12-2017	Falta
16-02-2017	2607	16-04-2017	1233	16-06-2017	1087	16-08-2017	874	17-10-2017	1266	17-12-2017	676
17-02-2017	2565	17-04-2017	1318	17-06-2017	1010	17-08-2017	883	18-10-2017	1797	18-12-2017	743
18-02-2017	2771	18-04-2017	1472	18-06-2017	933	18-08-2017	900	19-10-2017	1491	19-12-2017	1007
19-02-2017	2724	19-04-2017	1715	19-06-2017	1026	19-08-2017	864	20-10-2017	1197	20-12-2017	900
20-02-2017	2718	20-04-2017	1383	20-06-2017	1110	20-08-2017	759	21-10-2017	1024	21-12-2017	904
21-02-2017	2742	21-04-2017	1591	21-06-2017	1091	21-08-2017	943	22-10-2017	819	22-12-2017	904

Desenvolvimento de metodologia para análise e priorização de intervenções de Redução De Afluências Indevidas em Redes de Saneamento

22-02-2017	2579	22-04-2017	1478	22-06-2017	1077	22-08-2017	989	23-10-2017	916	23-12-2017	854
23-02-2017	2504	23-04-2017	1387	23-06-2017	1175	23-08-2017	992	24-10-2017	921	24-12-2017	907
24-02-2017	2417	24-04-2017	1454	24-06-2017	966	24-08-2017	1018	25-10-2017	Falta	25-12-2017	1185
25-02-2017	2604	25-04-2017	1175	25-06-2017	910	25-08-2017	911	26-10-2017	879	26-12-2017	1727
26-02-2017	2593	26-04-2017	1298	26-06-2017	1147	26-08-2017	851	27-10-2017	912	27-12-2017	1622
27-02-2017	2531	27-04-2017	1322	27-06-2017	1147	27-08-2017	739	28-10-2017	851	28-12-2017	1528
28-02-2017	2436	28-04-2017	1409	28-06-2017	1497	28-08-2017	855	29-10-2017	847	29-12-2017	1226
		29-04-2017	1391	29-06-2017	1110	29-08-2017	1142	30-10-2017	860	30-12-2017	Falta
		30-04-2017	2219	30-06-2017	1171	30-08-2017	957	31-10-2017	894	31-12-2017	Falta
						31-08-2017	936				

CARACTERÍSTICAS DAS CONDUTAS EM SUPERFÍCIE LIVRE

Tabela B.3 Características da conduta em superfície livre a montante de EE11

Troço a montante de EE11					
Características da rede					
Diâmetro condutas (mm)	Comprimento (km)	Inclinação média (m/m)	Material das condutas Tipo e extensão		
			PEAD	-	-
280	0,850	0,04	0,850 km		
Características da bacia					
Ocupação do solo Tipo e percentagem			Proximidade a níveis freáticos	Tráfego	
Periferia	Zonas Verdes	-	Sim	3	
60%	40%	-			

Tabela B.4 Características da conduta em superfície livre montante de EE12

Troço a montante de EE12					
Características da rede					
Diâmetro condutas (mm)	Comprimento (km)	Inclinação média (m/m)	Material das condutas Tipo e extensão		
			PEAD	FFD	-
0,4	0,300	0,04	0,230 km	0,70 km	
Características da bacia					
Ocupação do solo Tipo e percentagem			Proximidade a níveis freáticos	Tráfego	
Periferia	Zonas Verdes	-	Sim	3	
60%	40%	-			